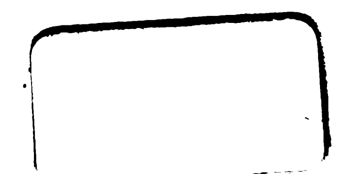




REPERTORIUM

FÜR

EXPERIMENTAL-PHYSIK,

FÜR

PHYSIKALISCHE TECHNIK,

MATHEMATISCHE & ASTRONOMISCHE INSTRUMENTENKUNDE.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. PH. CARL,

PROFESSOR DER PHYSIK AN DEN KGL. BAYER. MILITÄR BILDUNGS-ANSTALTEN UND INHABER EINER PHYSIKALISCHEN ANSTALT IN MÜNCHEN

NEUNTER BAND

(DES „REPERTORIUMS FÜR PHYSIKALISCHE TECHNIK &c.“)

TEXT.

MÜNCHEN, 1873.

VERLAG VON R. OLDENBOURG.

1874, June 6.
Bowditch Fund.
(IX in Bd. Text
and Figs.)

III.

INHALT.

Seite

Kleinere Mittheilungen:

Kleinere Mittheilungen:

Ueber eine eigenthümliche und schöne electrische Erscheinung.

Von

Francesco Rossetti,
Professor in Padua.

(Hiezu Tafel III.)

Im Laufe meiner Untersuchungen über die electrischen Condensatoren, welche in der von mir in der Academie von Padua vorgelesenen Abhandlung[1]) enthalten sind, habe ich Gelegenheit gehabt, einen Versuch zu machen, welcher mir beachtenswerth scheint, und den ich die Ehre hatte, der Gesellschaft[2]) Veneto — Trentina für Naturwissenschaften vorzutragen.

Wenn mit den Electroden *a* und *b* (Taf. 3 Fig. I) einer Holtz'schen, womöglich (obwohl nicht unbedingt nothwendig) mit diametralen Conductoren versehenen Maschine die Enden zweier Drähte vereinigt sind, welche mit den zwei anderen Enden mit zwei metallischen Stielen *ce* und *df* in Verbindung stehen, zwischen welchen eine mit metallischen Belegen versehene Glasplatte steht; und wenn man die Maschine in Thätigkeit setzt, während die kleinen Kugeln *m* und *n* der Electroden auseinander sind, so wird die Glasplatte die Rolle eines Condensators Franklin'sche Tafel) spielen, und man wird zwischen den Kugeln *m* und *n* explosive Funken wahrnehmen, welche von der mit Hilfe der Glasplatte condensirten Electricität hervorgebracht werden.

Wenn die Glasplatte ohne Belege ist, und die beiden unbelegten Flächen ganz trocken sind, dann hat man keine merkliche Condensation und keine wahrnehmbare Erscheinung.

---

1) Revista Periodica dei Lavori della R. Accademia di Padova. Vol. XXI. 1872. Nuovo Cimento Serie 2 Vol. V.—VI. Fascicoli di Giugno o Luglio 1872.

2) Atti della Società Veneto-Trentina die Scienze naturali. Vol. I. Padova 1872.

Dagegen sind sehr eigenthümlich und merkwürdig die Erscheinungen, welche man mit Hilfe einer mit blos einer Belegung versehenen Glasplatte hervorbringen kann.

Die Figuren 3, 4, 5, 6, 7 Tafel III geben ein Bild einiger der auffallendsten dieser Erscheinungen.

Wenn der negative Reophor in Verbindung mit der metallischen Belegung steht, und der positive im Contact mit der unbelegten Seite der Glasplatte ist, dann hat man die durch Fig. 3 und 4 dargestellten Erscheinungen. Wenn die Entfernung der Kugeln der Electroden klein ist (vier oder fünf Millimeter), dann hat man zwischen den Kugeln eine sehr rasche Folge von Funken und gleichzeitig auf der unbelegten Fläche der Glasplatte eine glänzende in sich zurückgehende krumme Linie (Fig. 3) rings um den Stiel, aus welcher ein Schweif bis zur Contactstelle des Stieles mit der Glasplatte ausgeht. Die Linie ist veilchenfarbig; die Lage des Schweifes, sowie auch die Form der Linie ändert sich beständig; vielleicht bei jeder Entladung.

Wenn man die Funkenlänge vergrössert, so werden die Entladungen langsamer erfolgen, und das Bild wird gleichfalls complicirter.

Von der centralen krummen Linie gehen mehrere krumme Aeste aus, und die Centrallinie wird dann nicht immer eine geschlossene Curve bleiben.

Wird die Funkenlinie noch weiter vergrössert, dann erfolgen die Entladungen noch langsamer nach einander, aber auch das leuchtende Bild wird ausgedehnter und verbreitet sich auf der unbelegten Glasfläche über das ganze Feld, welches der metallischen Belegung der anderen gegenübersteht. Die Fig. 4 gibt eine Idee dieses Momentes des Versuches. In der Centralpartie sind die hellen Linien weiss, gegen den Rand sind sie immer veilchenblau.

Die Figg. 5 und 6 geben das Bild der Erscheinungen, welche man wahrnimmt, wenn der negative Stiel auf der unbelegten Glasfläche steht, während der positive mit dem metallischen Belege in Verbindung ist.

Für kleine Funkenlänge hat man sehr feine blaufärbige Zweige, welche gleichzeitig und mit derselben Raschheit auf einander folgen, wie die Funken zwischen den Kugeln (Fig. 5). Ihre dendritische Gestalt erinnert an die Lichtenberg'schen Figuren, und wahrscheinlich sind sie auch von identischem Ursprung.

Wenn die Funkenlänge vergrössert wird, so werden die leuchtenden Zweige breiter und länger, gehen alle von dem gemeinsamen Centrum aus, d. h. von der Berührungsstelle des Stieles mit der Glasfläche; sie sind sehr lebhaft und fast weisslich gegen das Centrum, minder lebhaft und bläulich gegen den Rand, wo sie wieder in feine Zweige sich verbreiten. (Fig. 6).

Wird die Funkenlänge noch weiter vergrössert, so werden die Entladungen langsam nach einander folgen, und jede Entladung zwischen den Kugeln wird von einer vielfältigen explosiven Entladung auf der unbelegten Glasfläche begleitet, welche über den ganzen Raum sich verbreitet, wo gegenüber auf der andern Fläche die metallische Belegung steht, und noch weiter hinaus.

Die Erscheinung ist in der Figur 7 dargestellt: es sind breite und weissglänzende Aeste, welche vom Centrum ausgehen und in bläuliche feine Zweige auslaufen.

Eine ähnliche Erscheinung, wie die in der Fig. 7 wird man auch bei der vielfältigen explosiven Entladung wahrnehmen, welche man bei sehr grosser Spannung (Funkenlänge) und mit dem positiven Stiele auf der unbelegten Fläche bekommt.

Wenn man nun die Bilder 3 und 4 mit 5 und 6 vergleicht, so tritt gleich ein charakteristischer Unterschied hervor, das heisst, dass die zwei ersten Bilder aus krummen und manchmal geschlossenen Linien bestehen ohne kleine Zweige: die zwei letzten im Gegentheil kennzeichnen sich durch die grosse Zahl von feinen Zweigen, und dass die Hauptäste fast geradlinig sind.

Die zwei ersten Bilder, wie schon gesagt, wurden erhalten, wenn die unbelegte Glasfläche mit dem positiven Reophore in Verbindung war, die zwei letzten, als sie von dem negativen Reophore berührt war.

Diese Versuche kann man mit sicherem Erfolge leicht bei der Vorlesung ausführen, um den Unterschied zwischen dem positiven und dem negativen electrischen Zustande zu zeigen.

Dieselben Versuche sind aber auch sehr belehrend unter einem anderen Gesichtspuncte; weil sie, unter günstigen Umständen ausgeführt, zeigen, dass Wasserdampf ein guter electrischer Conductor ist. Der folgende Versuch, von dem nun die Rede sein wird, gibt den Schlüssel zur Erklärung der Erscheinungen.

Damit der Versuch gelinge, muss man ihn an einem günstigen Tage, d. h. bei ziemlich trockener Luft ausführen. Denn indem man

den Apparat so stellt, dass man die Figuren 3 und 5 bekommt (welche man, wie schon gesagt, erhält, wenn die Funkenlänge zwischen den Electrodenknöpfen klein ist und die Entladungen sehr rasch nach einander und wenig lebhaft folgen), wenn Jemand sich der Glasplatte nähert und mit dem Hauche eine Hülle von Wasserdampf auf der unbelegten Glasfläche niedersetzen lässt, so hören augenblicklich und gleichzeitig sowohl die Funken zwischen den Electroden, als die Bilder auf der Glasplatte auf: aber das Aufhören dauert sehr kurz und man hat bald einen lebhaften lärmenden Funken zwischen den Knöpfen und gleichzeitig eine sehr leuchtende und vielfältige Entladung auf der unbelegten Glasfläche, deren Bild ich beiläufig in Fig. 7 dargestellt habe; dann folgen einige minder lebhafte Entladungen, bis man endlich, wenn die Wasserdampfhülle verdunstet ist, wieder die Bilder der Figuren 3 und 5 bekommt. Es genügt aber ein neues Hauchen und dieselben Erscheinungen treten wieder auf.

Bei diesem Versuche spielt die Wasserdampfhülle auf der unbelegten Glasfläche augenscheinlich die Rolle des Beleges, und daher hat die Glasplatte die volle Wirkung eines Condensators: es beweist dies das augenblickliche Aufhören der Entladung während der Zeit, in welcher die Condensation geschieht, und die lebhafte und rauschende Funkenerscheinung, welche folgt, sobald die Condensation ihre Grenze erreicht hat. Die Dampfhülle verhält sich bei der Condensation wie die Stanniolbelegung auf der anderen Glasfläche: sie bekommt von dem sie berührenden Reophore eine gewisse Electricität, welche sich auf der ganzen Dampfhülle ausbreitet, und es findet Influenz statt zwischen den zwei gegenüberstehenden Belegen (dem Einen aus Stanniol, dem anderen aus Wasserdampf), bis die Tension der frei bleibenden Electricitäten auf den Knöpfen so gross wird, dass der Entladungsfunke überspringen kann. Aber während auf der metallischen Belegung die von der Entladung verursachte electrische Bewegung ohne Lichterscheinungen geschieht, so bekommt man auf der unbelegten Glasfläche, wo die Wasserdampfhülle war, im Gegentheil die sehr hellleuchtenden Bilder der Fig. 7.

Es ist diese Erscheinung noch näher zu erklären. Soviel ist gewiss, dass die electrischen Lichtphaenomene nur da entstehen, wo eine sehr rasche Neutralisation der positiven und negativen Electricität stattfindet: der electrische Funke ist eben das Resultat einer solchen Neutralisation, welche auf dem von dem glänzenden Funken ange-

zeichneten Wege geschieht. Auf diese Weise muss an der unbelegten Glasfläche eben die Reihe von Neutralisationen geschehen, welche von der vielfältigen und glänzenden Entladung dargestellt sind, und daher muss es längs jener leuchtenden Linien eine Reihe von Stellen geben, welche abwechselnd die entgegengesetzten electrischen Zustände besitzen, oder (was dasselbe ist wegen der Influenz) eine Reihe von die Electricität schlecht leitenden und von nicht leitenden getrennten Räumen bilden, wie das beim Blitze der Fall ist. Die nicht leitenden Räume werden wahrscheinlich auf folgende Weise entstehen.

Der Wasserdampf wird nicht in einer gleichförmigen Schicht sich ausbreiten, und es wird daher einige Stellen der Glasplatte geben, an welchen er leichter verdunstet als an anderen Stellen: die ohne Wasserdampf gebliebenen Räume der unbelegten Glasfläche werden die Electricität sehr wenig leiten im Vergleich mit den Räumen, wo noch Wasserdampf adhärirt, und daher bietet im Augenblick der Entladung die Glasfläche eine Erscheinung, welche jener der Blitzröhre ähnlich, aber viel schöner und ausgezeichneter ist.

Nach dem Gesagten ist es klar, dass die Erscheinungen, welche durch Fig. 3, 4, 5, 6 dargestellt sind, von einer partiellen Condensation der Electricität auf beiden Glasflächen abhängen, wovon die Eine mit metallischer Belegung versehen ist, während die Andere auch bei besserer Witterung hygroscopisch wirkt und eine feine Schicht von Wasserdampf aus der Luft enthält, welche die partielle Condensation der Electricität erlaubt.

Es bleibt noch immer die charakteristische Differenz zwischen den leuchtenden Bildern zu erklären, welche man mit dem positiven und denjenigen, die man mit dem negativen Reophor erhält, welche wahrscheinlich von der Bewegung der zwei entgegengesetzten Electricitäten abhängt.

Die Bilder der zwei electrischen Zustände kann man auch gleichzeitig auf den gegenüberliegenden unbelegten Flächen einer dünnen Glasplatte ohne Belege erhalten, wenn man den Versuch an einem feuchten Tage anstellt, und dabei mit dem Hauche eine Wasserdampfschicht auf beiden Glasflächen zwischen den Reophoren ausbreiten lässt und die Holtz'sche Maschine mit einem Condensator versehen ist.

In diesem Falle spielen die beiden Wasserdampfschichten die Rolle der zwei Belege. Die Bilder, welche man bei diesem Ver-

suche erhält, decken sich wegen der Durchsichtigkeit des Glases gegenseitig und sind daher nicht so deutlich wie die beschriebenen.

Die Lichterscheinungen, welche man an den Rändern der metallischen Belege einer Leydener Flasche wahrnimmt, haben denselben Ursprung.

Ich will noch bemerken, dass, wenn die Luft sehr trocken ist, der Entladungsfunke zwischen den Kugeln von dem bekannten Geräusche begleitet und von der eigenthümlichen Lichthülle umgeben ist, welche man mit Inductionsentladungen mittelst grosser Ruhmkorff'scher Inductoren, oder auch mit Doppel-Influenz-Maschinen von Poggendorff erhält, wenn diese mit den grossen cylindrischen Conductoren versehen sind.

Die Fig. 1 Taf. III zeigt die Anordnung der verschiedenen Theile des Apparates. Es ist nöthig, die Ableitung der Electricität sorgfältig zu vermeiden. Zu diesem Zwecke sind die Drähte *bd* und *ac* mit Guttapercha überzogen und ihre Enden sind im Innern der Knöpfe befestigt. Die Berührung der cylindrischen Reophoren *ce* und *df* mit der Glasfläche ist durch eine Spiralfeder erleichtert, welche der Reophor gegen die gegenüber liegende Glasfläche drückt (Fig. 2).

Der Versuch gelingt leicht und schön, wenn die Glasplatte dünn und die metallische Belegung nicht zu gross ist. Die Bilder der Tafel III sind erhalten mit einer gewöhnlichen Glasplatte, 1,3 Millim. dick und deren Stanniolbelegung eine Kreisfläche mit einem Durchmesser von 12 Centimetern war.

Nachtrag.

In einer späteren Sitzung (September) der Società Veneto-Trentina hat Prof. Rossetti gezeigt, dass man dieselben Versuche in noch grösserem Maassstabe mit dem grossen Ruhmkorff'schen Inductor anstellen kann, und hat daran erinnert, dass auch Du Moncel[1]) und Poggendorff[2]) ähnliche, aber nicht gleiche Erscheinungen beschrieben haben, ohne indessen auf den oben angegebenen charakteristischen Unterschied aufmerksam zu machen.

---

1) Notice sur l'appareil d'Induction électrique de Ruhmkorff par Du Moncel. 1867. pag. 148.

2) Ueber einige Vorgänge bei Entladung der Leydener Flasche. Pogg. Ann. Vol. 133 pag. 152. 1868.

Die manometrischen Flammen.

Von

Dr. **Rudolph König** in Paris.

Hiezu Tafel I und II.

Zu Anfang des Jahres 1862 ersann ich eine neue Beobachtungsmethode, welche zum Zwecke hatte, die tönenden Luftwellen, oder was dasselbe ist, den wechselnden Dichtigkeitszustand der Luft, während dieselbe von tönenden Schwingungen durchflossen ist, oder während sie sich selbst in Schwingungen befindet, in der Weise zur Anschauung zu bringen, wie die anderen bis dahin in der Akustik gebräuchlichen Beobachtungsmethoden gestatten die Schwingungen der Körper zu untersuchen, durch welche diese Luftwellen erregt werden. Der erste Apparat, bei welchem ich diese Methode anwendete, figurirte schon auf der Londoner Ausstellung 1862, seit jener Zeit gründete ich jedoch eine ganze Reihe von Apparaten auf dieselbe, von denen einige schon in den Annalen von **Poggendorff** (Bd. CXXII, S. 242 und 660; 1864), andere auch in meinem Catalog 1865 kurz beschrieben wurden. Folgende Zeilen haben nun den Zweck, alle diese Apparate, wie diejenigen, welche seit der Veröffentlichung des Catalogs hinzugekommen sind, und die Experimente, welche sich mit denselben ausführen lassen, im Zusammenhange darzustellen.

Die kleine Vorrichtung, auf deren Anwendung meine Methode beruht und welcher ich den Namen „manometrische Kapsel" gegeben habe, besteht in einer in einem Holzplättchen befindlichen Höhlung, deren Oeffnung durch eine dünne Membrane verschlossen ist. In diese Höhlung kann durch eine Röhre Leuchtgas eingeführt werden, welches durch eine zweite Röhre, die in einem Gasbrenner endet, wieder ausströmt und dort angezündet wird. Wenn sich die Luft nun plötzlich vor der Membrane verdichtet, so wird diese natürlich in die Höhlung hineingetrieben, somit auf das in letzterer befindliche Gas

ein Druck ausgeübt und die Flamme in die Höhe geschnellt. Verdünnt sich die Luft plötzlich vor der Membrane, so wird diese schnell nach aussen gezogen, der Raum in der Kapsel momentan vergrössert, das Gas in derselben verdünnt und somit die Flamme herabgezogen.

Eine Membrane besitzt bekanntlich, wie jeder andere elastische Körper, nur eine bestimmte Reihe von Eigentönen, und so könnte man auf die Vermuthung kommen, dass sich auch die manometrische Kapsel nur in den Fällen wirksam beweisen werde, wenn der auf sie wirkende Ton mit einem der Eigentöne ihrer Membrane übereinstimmt, dem ist jedoch nicht so, denn ausser den Schwingungen, welche ein Körper unter dem Einflusse seiner Elasticität ausführt, kann ihm natürlich jede beliebige Bewegung gleichsam aufgezwungen werden, wenn nur die auf ihn wirkende Kraft bedeutend grösser ist, als der Widerstand, welchen er derselben entgegenzusetzen im Stande ist. Nehmen wir z. B. eine lange, dünne, auf den Grundton von 100 Schwingungen gestimmte Saite und setzen ihre Mitte in feste Verbindung mit der Zinke einer sehr starken, massiven Stimmgabel von 110 Schwingungen, so wird sie offenbar, wenn letztere vibrirt, 110 mal hin- und hergezogen werden, obgleich sie ihrer Natur nach nur 100, 200, 300 u. s. w. Schwingungen ausführen könnte. Eigentlich schwingt sie also in diesem Falle nicht, sondern wird nur mechanisch hin- und hergezogen, und dieses ist auch der Fall mit der manometrischen Kapsel, da sie so construirt ist, dass ihr Widerstand gegen die auf sie wirkenden Verdichtungen und Verdünnungen der Luft als verschwindend klein betrachtet werden können. Ein und dieselbe Kapsel zeigt sich daher in der That für jeden beliebigen Ton gleich wirksam, wie auch verschiedene Kapseln, deren Membranen durchaus nicht gleich gestimmt sind, unter dem Einflusse desselben Tones gleiche Resultate geben.

Wenn man von mehreren Kapseln, welche zugleich aus demselben Gasbehälter alimentirt werden, eine in Wirksamkeit versetzt, so sieht man, dass auch die Flammen aller anderen in Bewegung gerathen. Wird nämlich die Membrane in ihre Kapsel hineindrückt, so treibt der auf das Gas ausgeübte Druck nicht allein durch die Ausflussröhre die Flamme in die Höhe, sondern er pflanzt sich auch durch die Zuflussröhre bis in den gemeinsamen Gasbehälter und von diesem bis in die andern Kapseln fort, deren Flammen er gleichfalls, wenn auch schwächer, verlängert. Bei der entgegengesetzten Bewegung der Mem-

brane ist denn diese fortgeleitete Wirkung natürlich auch die entgegengesetzte. Sollen daher mehrere Kapseln zugleich angewendet werden, so muss vor allen Dingen diese wechselseitige Einwirkung derselben auf einander beseitigt werden. Ich suchte diesen Zweck zuerst dadurch zu erreichen, dass ich zwischen den Gasbehälter und die Kapseln lange, dünne Kautschukröhren einschaltete, deren Wirkung sich jedoch noch nicht als ganz genügend erwies. Vollständig erreichte ich aber meinen Zweck durch die Anwendung von Hilfskapseln, durch welche ich das aus dem gemeinsamen Behälter kommende Gas strömen liess, ehe ich es in die manometrischen Kapseln leitete. Sie sind ähnlich wie diese letzteren construirt, und jede besteht einfach in einer Höhlung, die durch eine sehr dünne Membrane verschlossen ist. Pflanzt sich nun der im Gas einer manometrischen Kapsel entstandene Druck durch die Zuflussröhre nach dem Gasbehälter zu fort, so wird er beim Eintritt in die Hilfskapsel dadurch zerstört, dass die Membrane derselben ihm weicht. Die Praxis zeigt auch, dass man in der That eine von mehreren in der angegebenen Weise von einander isolirten Flammen in die stärkste Bewegung versetzen kann, ohne die übrigen im Geringsten zu beeinflussen.

Nachweis des verschiedenen Verhaltens der Luft in den Knotenstellen und in den Bäuchen einer tönenden Luftsäule.

Um zuerst den wechselnden Dichtigkeitszustand der Luft in den Knotenstellen und den unveränderten in den Bäuchen einer tönenden Luftsäule im Allgemeinen darzustellen, wende ich eine offene Orgelpfeife an, welche so construirt ist, dass man mit Leichtigkeit nach Belieben entweder ihren Grundton oder den ersten harmonischen Ton, die Octave, ansprechen lassen kann (Fig. 1). An der Knotenstelle des Grundtones und den beiden Knotenstellen der Octave befinden sich in der einen Seitenwand der Pfeife drei Löcher, über denen drei manometrische Kapseln so angebracht sind, dass die Oeffnungen gerade von den Membranen, deren Durchmesser sie haben, geschlossen werden. Ein gemeinsamer mit Hilfscapseln versehener Behälter alimentirt die drei Flammen, deren Länge durch Hähne regulirt werden kann.

Giebt man nun den drei Flammen eine gleiche Höhe von 15 bis 20^{mm} und bläst die Octave an, so werden die beiden äussersten in so heftige Bewegung versetzt, dass sie verlängert, schmal und ganz blau


Fig. 1

ohne Leuchtkraft erscheinen, wegen der beträchtlichen Menge Luft, welche sie beim Auf- und Niederzucken mitreissen, während die mittlere Flamme fast vollständig ruhig und leuchtend bleibt, da sie sich an der Stelle eines Bauches befindet, wo die Luft nur hin- und hergleitet. Beim Tönen des Grundtons ist die Mittelflamme im Knoten und daher stark bewegt, die beiden äusseren, welche sich zwischen diesem und den Bäuchen an den Enden der Röhre befinden, zeigen eine schwächere Bewegung und da es sich in diesem Falle nur um Unterschiede in der Intensität der Bewegung der einzelnen Flammen handelt, bedient man sich hier besser kleinerer Flammen, wo denn die mittlere ganz blau wird, während die äusseren noch gelbe Köpfchen behalten. Gibt man den Flammen eine Länge von nur 8 bis 10^{mm}, so geht beim Grundtone die mittlere Flamme aus, während beim Anblasen der Octave die Seitenflammen erlöschen.

Diese Experimente lassen sich auch mit einer gedeckten Orgelpfeife ausführen, welche den Grundton und ihren ersten Oberton hören lassen kann. Es muss sich dann eine der Flammen am Ende der Röhre befinden, wo sowohl der Knoten des Grundtones, als auch einer der Knoten des Obertones liegt. Bei geringer Länge der Flamme geht, wenn der Grundton angeblasen wird, zuerst die Endflamme aus und darauf die mittlere, weil diese der Knotenstelle noch näher liegt, als dem Bauche am Munde der Pfeife. Beim Tönen des ersten Obertons, der Duodecime des Grundtones, bleibt aber wieder die Mittelflamme unverändert, während die beiden äusseren erlöschen.

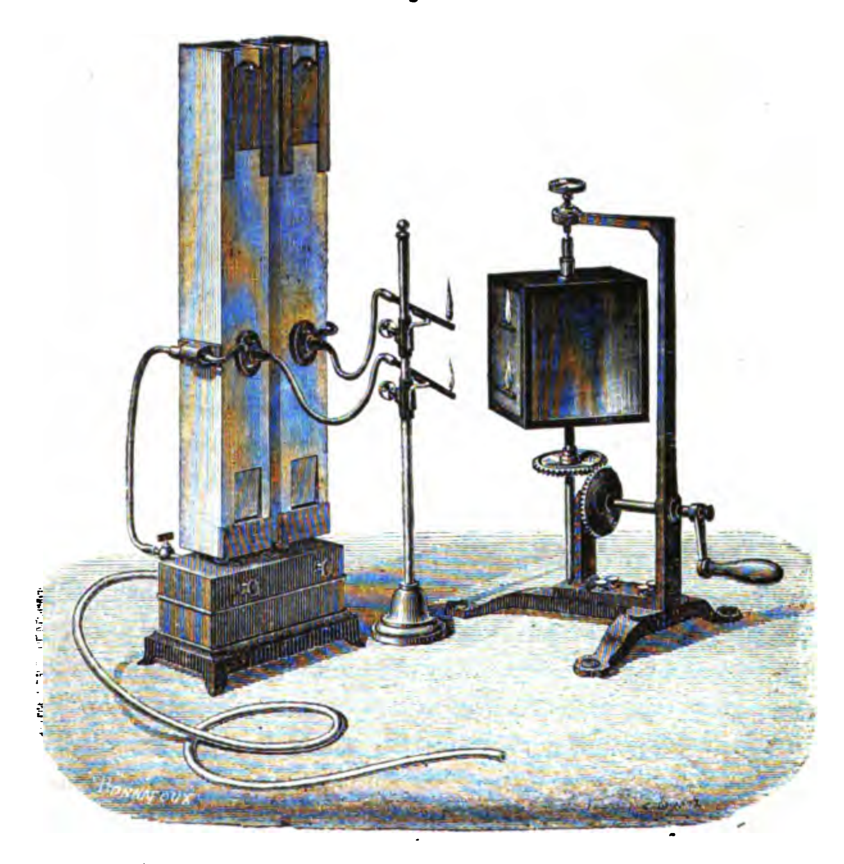
Vergleichung und Combination mehrerer Töne.

Diese Experimente zeigten nur Gesammtwirkungen ganzer Reihen aufeinanderfolgender Vibrationen; lässt man jedoch das Bild der Flammen auf einen drehenden Spiegel fallen, so erscheinen in demselben alle Phasen ihrer Bewegungen nebeneinander, und man kann dann nicht nur die Anzahl der Schwingungen und Verhältnisszahlen

verschiedener Töne untersuchen, sondern auch die aus der Combination mehrerer Töne entstandenen Bilder beobachten.

Der Apparat, welcher für diese Untersuchungen dient, besteht aus einer Reihe von Orgelpfeifen, von denen jede im Knotenpuncte ihres Grundtons mit einer manometrischen Kapsel versehen ist, die vermittelst einer Kautschukröhre mit Gasbrennern, welche auf einem besondern Ständer angebracht sind, in Verbindung gesetzt werden kann (Fig. 2). Vor diesen Gasbrennern kommt ein aus vier platinirten Glasplatten zusammengesetzter drehender Spiegel zu stehen. Die platinirte Seite der Glasplatten ist nach aussen gekehrt, um die durch Reflexion von beiden Oberflächen der Glastafel entstehenden störenden Doppelbilder der gewöhnlichen Spiegel zu vermeiden. Eine kleine Windlade zur Aufnahme von je zwei Orgelpfeifen zeigt zwei Ansatzröhren, von denen die grössere dazu dient, den Wind aus irgend einem

Fig. 2.



Blasbalg einzuleiten. Durch die dünnere wird das Gas in einen gemeinsamen Behälter eingeführt, der mit zwei Hähnen versehen ist, welche man vermittelst Kautschukröhren mit den Kapseln der Orgelpfeifen verbindet.

Das Bild einer ruhigen Flamme zeigt im drehenden Spiegel einen Lichtstreifen von der Breite der Flammenhöhe; lässt man aber die Orgelpfeife ertönen, welche mit ihr in Verbindung steht, so erscheint an Stelle dieses Streifens eine Reihe regelmässig auf einander folgender Flammenbilder, deren Spitzen nach der entgegengesetzten Richtung umgebogen sind, als nach welcher der Spiegel gedreht wird. Disponirt man über zwei Brenner in der Weise, dass ihre Bilder im Spiegel zwei Streifen unter einander geben und setzt sie mit zwei Orgelpfeifen in Verbindung, welche mit einander das Intervall der Octave geben, so zeigt die dem höheren Tone zukommende Reihe gerade die doppelte Anzahl Flammen als die andere, wodurch sich das Schwingungsverhältniss von 1:2 erweist (Fig. 3, Taf. II). Benutzt man Orgelpfeifen von anderen Intervallen, so erhält man bei der Quinte drei Flammen über zweien, bei der Quarte vier über dreien u. s. w.

Die sehr grosse Schnelligkeit, mit welcher die Flammen ihre Bewegungen ausführen, bewirkt, dass die Bilder im Spiegel ausserordentlich scharf gezeichnet erscheinen; da sie aber nur von geringer Dauer sind, so würde es doch schwer sein, bei dieser Disposition des Experimentes geringe Abweichungen von der Reinheit der Intervalle zu beobachten, denn in der That, so leicht es zu erkennen ist, dass in der einen der Reihen immer ungefähr zwei Flammen auf eine in der andern kommen, so schwer würde es sein herauszufinden, dass etwa zweihundert in einer immer mit hundert und einer in der andern zusammentreffen. Diese ganz genaue Beobachtung kann man jedoch mit der grössten Leichtigkeit vollziehen, wenn man die beiden Kapseln der betreffenden zwei Orgelpfeifen auf ein und dieselbe Flamme wirken lässt.

Tönen zwei genau in der Octave gestimmte Orgelpfeifen, während das Gas aus ihren beiden Kapseln in denselben Brenner strömt, so hat die Flamme das directe Aussehen, als befände sich in ihr unbeweglich noch eine kleinere. Bei der geringsten Verstimmung geräth diese aber in Zuckungen und verlängert und verkürzt sich periodisch in der grösseren. Jede dieser aus Auf- und Absteigen zusammengesetzten Doppelbewegungen zeigt eine Schwebung an, oder die Ab-

weichung des höheren Tons um eine Doppelschwingung oder des tieferen um eine einfache Schwingung von dem reinen Intervalle der Octave.

Die Quinte (2:3) zeigt drei, die Quarte (3:4) vier, die Terz (4:5) fünf Flammengipfel übereinandergethürmt, deren gegenseitige Stellung zu einander bei vollkommener Reinheit der Intervalle unverändert bleibt, wogegen bei Abweichung von derselben unter ihnen eine Bewegung entsteht, die durch das Auf- und Absteigen jedes einzelnen Gipfels das Ansehen einer Wellenbewegung annimmt. Bei allen diesen Intervallen ist es noch leicht, die Flamme auf eine solche Länge einzustellen, dass alle einzelnen Gipfel sehr deutlich hell und durch blaue, nicht leuchtende Theile der Flamme von einander getrennt erscheinen; werden jedoch die Schwingungsverhältnisse der beiden Töne verwickelter, so ist es oft schwer, sie alle genau beobachten zu können, aber auch selbst in diesem Falle zeigt die Flamme noch deutlich an, ob das Intervall rein oder verstimmt ist, da man nur zu sehen hat, ob in ihr überhaupt Ruhe oder Bewegung herrscht, was immer leicht ist.

Diese Fähigkeit der manometrischen Flamme, die geringsten Abweichungen von der Reinheit eines Intervalles anzuzeigen, macht, dass sie in vielen Fällen zweckmässig beim Stimmen angewendet werden kann, da es durchaus nicht nöthig ist, dass die beiden Töne, welche in ein bestimmtes Verhältniss zu einander gebracht werden sollen, gerade durch Orgelpfeifen, die mit Kapseln versehen sind, hervorgebracht werden. Die Töne jeder Tonquelle können dienen, indem man sie vor zwei ihnen zukommenden Resonatoren hervorbringt, welche auf zwei manometrische Kapseln wirken, deren Gasausflüsse in denselben Brenner münden. Am bequemsten ist wegen der leichten Uebersichtlichkeit 1:2, so dass man am besten thut, wenn man eine Reihe Stimmgabeln auf denselben Ton stimmen will, die Vergleichungsgabel eine Octave höher oder tiefer zu wählen.

Will man den ganzen Schwingungsvorgang in den oben beschriebenen Flammen, auf welche zwei Töne zugleich wirken, beobachten, so muss man wieder den drehenden Spiegel anwenden. Die reine Octave lässt in demselben eine Reihe Flammen sehen, in dem immer eine kürzere auf eine längere folgt, und diese kürzeren haben alle wie auch die längeren unter sich gleiche Höhe (Fig. 4, Taf. II); finden jedoch Stösse statt, so steigen und fallen die Gipfel der kleinen

Flammen periodisch, wie auch die der grösseren, doch sind diese Bewegungen entgegengesetzt, so dass sich an den Stellen, an denen die grossen Flammen am längsten sind, die kürzesten kleinen befinden, und umgekehrt, da die längsten kleinen sind, wo die grossen am kürzesten werden. In der Fig. 4, Taf. II zeigt das Bild der Septime (8:15 oder 8:16—1) diesen Vorgang, wenn auch in sehr kurzer Periode. Die Quinte (2:3) zeigt eine Periode von drei, die Quarte (3:4) von vier, die Terz (4:5) von fünf und die Secunde (8:9) eine Periode von neun einmal in der Länge anwachsender und wieder abnehmender Flammen. Ist das Verhältniss nicht von der Form $n:n+1$, so findet auch in der ganzen Periode nicht nur ein Anwachsen und Niedersinken der Flammengipfel statt, sondern die letztere verbindende Curve zeigt so viele Erhöhungen und Vertiefungen, als die Differenz zwischen den beiden Verhältnisszahlen beträgt. Als Beispiel kann das Bild der Sexte (3:5) (Fig. 4, Taf. II) dienen.

Je complicirter das Intervall der beiden Töne ist, desto sorgfältiger muss man es erst in seiner vollkommenen Reinheit herzustellen suchen, bis beim directen Anblick keine Bewegung mehr in der Flamme zu sehen ist, weil sonst die wiederkehrende Periode der Flammenbilder im Spiegel durch den Phasenwechsel beständige Veränderungen erleidet und es dann schwer ist dieselben gut zu übersehen. Noch mehr wird dieses genaue Stimmen der Töne zur Nothwendigkeit, wenn man mehr als zwei Töne zugleich combiniren will, indem man sie auf dieselbe Flamme wirken lässt. Man wird bei diesen Experimenten übrigens bemerken, wie schwer es ist, mit Orgelpfeifen absolut constante Töne zu erhalten, selbst wenn man sich eines gut regulirten Blasewerkes bedient.

Coëxistenz zweier Töne in derselben Luftsäule.

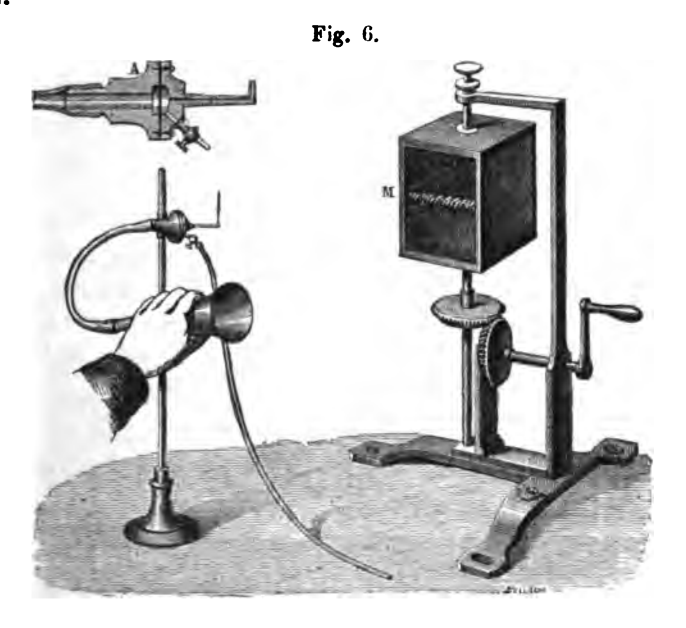
Die Untersuchung der durch Combination bekannter Töne erhaltenen Flammenbilder ist besonders darum nützlich, weil sie lehrt, dann auch aus Flammenbildern eines Tongemisches, dessen Zusammensetzung unbekannt ist, die einzelnen Töne herauszuerkennen, welche es bilden. Einen Uebergang zu der Untersuchung solcher Tongemische, wie z. B. jeder Klang eins darbietet, wird die Combination eines Grundtones mit einem vorher bekannten Oberton in derselben Luftsäule bilden.

Sehr gut eignet sich zu einem solchen Experimente die schon oben beschriebene gedeckte Orgelpfeife mit drei Flammen, da sich an ihrem Ende sowohl der Knoten des Grundtones, als auch ein Knoten des ersten Obertones befindet. Bläst man sehr schwach nur den Grundton (1) an, so zeigt das Flammenbild im Spiegel die Schwingungen dieses Tones, von denen jede einzelne sofort durch drei Flammen ersetzt wird, wenn man durch starkes Blasen den Oberton ansprechen lässt. Bei etwas schwächerem Winde bilden sich dann beide Töne zugleich (1 : 3) und man sieht immer drei Flammengipfel über jeder Grundflamme (Fig. 5, Taf. II). Mehrere gleichzeitig in derselben Luftsäule bestehende Töne geben also genau dasselbe Flammenbild als die Combination der gleichen Töne, von denen jeder durch eine besondere Orgelpfeife hervorgebracht wird

Darstellung der Klänge.

Der Apparat, welcher zur Darstellung der Klänge dient, besteht einfach in einer manometrischen Kapsel, vor deren Membrane sich ein kleiner Hohlraum befindet, der in eine kurze Röhre ausläuft (Fig. 6). In diesen Hohlraum nun müssen die Klänge, welche man darstellen will, mit möglichst geringem Verluste ihrer Intensität und ohne auf dem Wege eine Veränderung erlitten zu haben, geleitet werden.

Fig. 6.



Die Klangbilder sämmtlicher Töne desselben Instrumentes sind nie alle einander gleich, sondern die tiefsten Töne zeigen immer weit grössere und complicirtere Flammengruppen für jede einzelne Schwingung des Grundtones als die höheren, weil die hohen harmonischen Töne, welche sich im Klange der tieferen Töne des Instrumentes noch bemerken lassen, beim Steigen des Grundtones mehr und mehr verschwinden. Je höher nämlich ein Ton ist, desto kleiner sind auch verhältnissmässig die Dimensionen des ihn hervorbringenden Mittels, die Schwingungen aller tonangebenden Werkzeuge nehmen aber eine einfachere Form an, wenn die Dimensionen der letzteren sehr klein werden, hauptsächlich, weil die verschiedenen Körper dann die Fähigkeit verlieren, beim Schwingen Unterabtheilungen zu bilden, durch welche die Partialtöne, wenn auch nicht allein, so doch in sehr vielen Fällen hauptsächlich erzeugt werden. Ein zweiter Grund aber, der besonders geltend wird, wenn die Töne nicht sowohl durch die elastischen Schwingungen eines Körpers, als vielmehr durch Luftstösse, wie bei der Sirene und den Zungenpfeifen, erzeugt werden, ist der, dass solche Obertöne, welche sich im Klange eines tiefen Tones finden, für einen höheren Ton dann oft in eine so hohe Gegend der Scala gerathen, dass sie nicht mehr weder auf künstliche Membranen, noch auf das Ohr eine Wirkung äussern können. — Der tiefste Ton der Geige z. B. ist g (384 v. s.) und sein achter harmonischer Ton $\overline{\overline{\overline{g}}}$ (3072 v. s.) liegt noch im Umfange des Instrumentes selbst. Auf der G-Saite würde er durch eine Länge von 4, auf der E-Saite von etwa $13\frac{1}{3}$ Centimeter erzeugt werden. Nimmt man jedoch dieses $\overline{\overline{\overline{g}}}$ selbst als Grundton an, so dürfte die Saitenlänge seines achten harmonischen Tones auf der E-Saite nur noch etwa 17 Millimeter betragen und derselbe würde ausserdem bei 24,576 einfachen Schwingungen schon fast zwei Octaven über den höchsten in der Musik gebräuchlichen Tönen liegen, was genügend erklärt, dass er im Klange des $\overline{\overline{\overline{g}}}$ nicht zu finden ist.

Die Geigenklänge darzustellen ist mir übrigens wegen der hohen Tonlage des Instrumentes nur sehr mangelhaft gelungen, indem ich, mit Ausnahme der Töne von g bis $\bar{c}$ auf der G-Saite, für alle anderen bloss die Grundschwingungen erhielt. Bei meinen Versuchen, die Töne möglichst stark auf die Membrane zu leiten, wendete ich zwei Methoden an, indem ich einmal die innere Luftmasse der Geige durch

einen Kautschukschlauch, den ich durch eins der *F*-Löcher in dieselbe eingeführt, mit dem kleinen Apparate verband, und dann zweitens mein Stethoscop mit seiner gewölbten Membrane an den Boden der Geige, an der Stelle des Stimmstockes andrückte und seine Kautschukröhre am Flammenapparate befestigte. Die Resultate waren im letzteren Falle folgende.

Auf der *G*-Saite zeigte *g* die Figur der Octave in schwachen, wellenförmigen Flammen, welche sich bis zum *h* zu scharf gezeichneten und tief eingeschnittenen Flammen erhoben. Bei $\overline{c}$ fielen diese aber ganz plötzlich in eine einzige breite, niedrigere und verwaschene Flamme zusammen, an der man nur noch einen ganz geringen Rest der Octaven bei sehr starkem Anstreichen wahrnehmen konnte. Schon die *D*-Saite liess nur noch einfache Flammenfolgen sehen, die für $\overline{d}$ $\overline{e}$ $\overline{f}$ $\overline{g}$ abgerundet, wellenförmig und schwach waren, aber beim Anstreichen des $\overline{a}$ plötzlich wieder stärker wurden. Das $\overline{a}$ auf der *A*-Saite gab sehr hohe und tiefgeschlitzte Flammen, $\overline{h}$ noch stärkere, welche aber plötzlich wieder bei $\overline{\overline{c}}$ fielen und ganz schwach wurden. Bis zum $\overline{\overline{g}}$ und $\overline{\overline{a}}$ auf der *E*-Saite verschwand jede Spur der kleinen Flammenzähnchen, welche die letzten hohen Töne noch erzeugt hatten.

Bei der Verbindung der Luftmasse mit dem Apparate ging das verschwommene Bild der Octave von *g* schon bei *h* in eine einfache, scharf gezeichnete Flamme über, welche bei $\overline{c}$ eine so ausserordentliche Höhe erreichte, als wäre sie durch die Schwingungen einer im Knotenpuncte mit einer Kapsel versehenen Orgelpfeife erzeugt worden. Der Ton $\overline{d}$ zeigte auch noch eine Reihe hoher und scharf gezeichneter Flammen, welche aber bei $\overline{e}$ wieder vollständig verschwanden, um den schwachen, abgerundeten Wellenlinien bis $\overline{a}$ Platz zu machen. — Dieses plötzliche Auftreten der sehr hohen Flammen in der Gegend von $\overline{c}$ erklärt sich durch den Umstand, dass der tiefste Eigenton der Luftmasse bei der Geige gerade $\overline{c}$ ist. — Für die höheren Töne erhielt ich dasselbe Resultat wie mit dem Stethoscop, d. h. die Töne $\overline{a}$ und $\overline{h}$ zeigten wieder beträchtlich stärkere Schwingungen als $\overline{e}$ $\overline{f}$ $\overline{g}$ und als die höheren $\overline{\overline{c}}$ $\overline{\overline{d}}$ $\overline{\overline{e}}$ u. s. w., so dass der zweite Eigenton der Luftmasse, oder vielmehr des ganzen Systems, welches die Geige bildet in der Gegend von $\overline{a}$ und $\overline{h}$ zu liegen scheint.

In Bezug auf den Klang haben wir in diesem Falle allerdings nur den Uebergang aus der Figur der Octave in die des einfachen Tones sichtbar machen können, weit besser lässt sich aber dies allmälige Verschwinden der höheren Obertöne aus den musikalischen Klängen, wenn der Grundton derselben immer mehr erhöht wird, mit der Sirene nachweisen. Zu diesem Zwecke fange ich die Impulse über der freien Löcherscheibe vermittelst einer bogenförmigen Spalte auf, die sich in eine kleine Röhre erweitert, und genau über einen Theil der Löcher angebracht ist, und lasse dieselben auf die Flamme wirken, während ich durch mehr und mehr verstärkten Luftdruck die Scheibe von der geringsten bis zu ihrer grössten Rotationsgeschwindigkeit treibe. Es erscheinen dann bei den tiefsten Tönen im Spiegel sehr grosse und verschwommene Flammengruppen, welche sich gegen die Mitte der grossen Octave schärfer gezeichnet zeigen und lange geschlitzte Wellen mit erst fünf, dann gegen *e* und *d* hin mit vier Flammengipfeln sehen lassen. Bis *g* und *a* sinkt die Zahl dieser Gipfel auf drei, bis $\bar{c}$ und $\bar{d}$ auf zwei, und bei $\bar{a}$ verschwindet die letzte Spur der Octave aus dem Klange, worauf dann bei allen noch höheren Tönen nur noch einfache Flammenbilder sichtbar werden.

Sehr wesentlich ändert sich das Resultat dieses Experimentes, wenn über der Löcherscheibe ein Resonanzkasten befestigt ist. Der Eigenton dieses letzteren verstärkt dann erst höhere harmonische Töne des Klanges, darauf die tieferen und zuletzt den Grundton selbst, was zur Folge hat, dass die Flammengruppen nicht ganz allmälig und regelmässig mit der Höhe des Tones einfacher werden, sondern ziemlich plötzlich auftretende und wieder verschwindende Umwandlungen zeigen. So zeichnete der Klang einer Sirene, über deren Löcherscheibe ein Resonanzkasten angebracht war, der den Eigenton $\bar{\bar{c}}$ hatte, nachdem er bei langsamerer Drehung der Scheibe erst einige complicirte, aber verschwommene Bilder hervorgebracht hatte, bei der Tonhöhe *c* angelangt, deutlich eine grosse, dem Grundton zukommende Flamme mit vier Flammengipfeln, welche vom 4. Theiltone, der mit dem Eigenton des Resonanzkastens zusammenfiel, herrührten. Bei noch schnellerer Drehung der Scheibe vereinfachte sich dieses Flammenbild bis *f* zu einer ganz einfachen Flamme, so dass der Theilton 3 in diesem Sirenenklange *f* vollständig fehlen musste. Nachdem die Tonhöhe von *f* kaum überschritten war, erschien zwischen je zwei grossen Flammen eine

erst ganz kleine, aber vollständig scharf gezeichnete Flamme, die dann schnell an Grösse zunahm und gegen $\bar{c}$ fast die Höhe der Hauptflammen erreichte, wo sich also wieder die Wirkung des Resonanzkastens als zweiter Theilton des Sirenenklanges bethätigte. Ueber $\bar{c}$ hinaus legte sich die etwas kleinere Flamme dann immer mehr an die grössere an, bis sie bei $\bar{a}$ in dieser vollständig verschwand, wonach wieder nur noch einfache Flammenreihen erschienen. Taf. II, Fig. 7.

Um den Klang bei diesen Experimenten recht stark auf die Kapsel wirken zu lassen, hatte ich den Resonanzkasten mit einer Röhre versehen und seinen inneren Raum direct mit dem kleinen Flammenapparate in Verbindung gesetzt. Diese Experimente, bei denen die Luftstösse der Sirenen sich nicht sofort in der freien Luft verbreiten können, sondern ihren Weg erst durch einen Resonator zu nehmen gezwungen sind, der für alle Grundtöne des Klanges unverändert derselbe bleibt, geben ein anschauliches Bild von dem Vorgange bei der Bildung der Vokalklänge, denn bekanntlich ist die in der Mundhöhle enthaltene Luftmasse beim Aussprechen oder Singen desselben Vokals auf verschiedene Töne immer auf dieselbe Note gestimmt, so dass der Mund also auf die im Kehlkopf erzeugten Luftwellen ganz ebenso wirken muss, wie es der Resonanzkasten auf die Luftstösse der Sirene thut. Dem ungeachtet zeigt die Reihe der Flammenbilder desselben Vokals, der auf die Töne zweier Octaven gesungen wird, nicht so sehr plötzliche Umwandlungen, wie man sie ohne nähere Prüfung zuerst erwarten sollte.

Um die Bilder der Vokale hervorzubringen, singe ich sie in ein kleines trichterförmiges Mundstück, welches mit dem Hohlraum vor der Membrane durch einen kurzen Kautschukschlauch in Verbindung steht, dieselben gelangen auf diese Weise mit grosser Intensität bis zur Kapsel Fig. 6.

Für die Vocale *u o a e i* gesungen auf die Noten der Octaven C bis $\bar{c}$ hatte ich die Bilder schon im Jahre 1867 entworfen und ausmalen lassen. Ich verfuhr dabei in folgender Weise. Um sicher zu sein, dass ich beim Uebergange von einem Tone zum andern den Character des Vocals nicht änderte, prüfte ich mit der Stimmgabel immer erst den Eigenton der Mundhöhle; während ich dann in den Apparat sang, zeichnete ein Maler das im Spiegel gesehene Bild. Unabhängig von ihm zeichnete auch ich dasselbe, und wenn sich un-

sere beiden Zeichnungen gleich fanden, so wurden sie für die auszuführenden Bilder für gut angenommen, fanden sich Abweichungen, so wiederholte ich das Experiment, bis der betreffende Fehler gefunden war. Eine Kritik wurde aber an keines der erhaltenen Bilder angelegt, weil es mir vor allen Dingen darauf ankam, erst so treu als möglich die erhaltenen Figuren zu verzeichnen.

Die ausgemalten fünf Tafeln wurden leider für die Ausstellung zu spät fertig, doch zeigte ich sie 1868 auf der Naturforscherversammlung in Dresden vor. Wenn ich ihre Veröffentlichung seit jener Zeit bis jetzt hinausgeschoben habe, so liegt der Grund darin, dass ich sie zuvor noch einer genaueren Revision unterwerfen wollte, wovon mich aber leider immer der krankhafte Zustand meines Halses verhinderte, der mir diese anstrengenden Experimente nicht gestattete. Jetzt, da ich auf eine Besserung nicht mehr hoffen kann, habe ich die Bilder nochmals so gut es gehen wollte geprüft und gebe sie nun, wenn auch nicht als vollkommen richtig, so doch wenigstens als so genau, als es mir gelingen wollte, dieselben zu verzeichnen. Diese Aufzeichnung selbst ist übrigens weit schwieriger, als man glauben sollte, besonders für die grösseren Flammengruppen der tieferen Töne, nicht allein wegen der Flüchtigkeit der Bilder, sondern auch, weil die einzelnen Flammengipfel in denselben nicht immer aufeinander folgen, sondern oft zum Theil untereinander stehen, so dass es aussieht, als wären verschiedene Flammengruppen ineinander, oder vielmehr eine zum Theil vor die andere geschoben. Diese Flammen aber, deren Hintergrund so zu sagen wieder von Flammen gebildet wird, entgehen sehr leicht dem Blicke, besonders wenn nicht die hinteren Flammen so hoch und die vorderen so niedrig sind, dass die hellen Gipfel der letzteren sich auf dem blauen unteren Theile der anderen abheben. Man kann allerdings durch schnelleres Drehen des Spiegels alle Gipfel von einander sondern, dann ist aber wieder die ganze Gruppe wegen ihrer grossen Länge und der starken Geneigtheit der Flamme schwer zu übersehen.

So unvollkommen diese Zeichnungen nun aber auch wegen des Mangels mancher Details sein mögen, so geben sie doch, was die grösseren Umrisse anlangt, recht getreu die Bilder wieder, welche man im Spiegel erhält. Wenn z. B. das Bild *A* auf *C* gesungen eine Gruppe zeigt, aus der eine sehr hohe, helle Flamme neben einer etwas niedrigen und sehr blauen hervorragt, denen beiden ein ganzer

Berg von sehr regelmässig geschlitzten Flammengipfeln folgt, so ist es sehr möglich, dass dieser Berg vielleicht in Wahrheit 9 Gipfel hat, während ich nur 8 gezeichnet habe, und es ist mir so vorgekommen, als überstiege die Zahl dieser Gipfel wirklich acht an Tagen, an denen ich diesen sehr tiefen Ton stärker und reiner als gewöhnlich hervorbringen konnte, aber dieses ändert darum nicht den Charakter der ganzen Gruppen, welche man doch nie mit denen des *U*, *O*, *E* oder *I*, auf denselben Ton gesungen, verwechseln wird. In jedem Falle scheinen mir daher diese Bilder hinreichend genau, sowohl die grosse Verschiedenheit der Klangfarbe der fünf Vocale, welche auf denselben Ton gesungen werden, darzustellen, als auch die Art der Umwandlung der Flammenbilder desselben Vocals von einem Ton zum andern zu zeigen. Dieses ist aber die Hauptsache und wohl auch überhaupt Alles, was man mit Sicherheit mit dem Apparate erzielen kann, denn gerade wegen seiner sehr grossen Sensibilität wird man auf absolut richtige Bilder verzichten müssen. Die Details in den Gruppen ändern sich schon beträchtlich, nicht allein, wenn derselbe Vocal auf dieselbe Note von verschiedenen Stimmen gesungen wird, sondern auch, wenn dieselbe Stimme Vocal und Note mit verschiedener Intensität angibt. Es reicht auch ein geringer Wechsel im Zustande der Stimme hin, um in den Flammenbildern starke Veränderungen zu bewirken; so erhalte ich z. B., wenn mein Kehlkopf ermüdet ist, statt des für *U*, auf *e* gesungen, verzeichneten Bildes nur eine kleine Flamme und zwei grössere breite, welche letztere an die Stelle der zwei und zwei Flammen treten, die das Bild zeigt, und ähnliche Vereinfachungen erleiden dann auch alle anderen Klangflammengruppen.

Um nun zuerst zu sehen, welcher Einfluss sich eigentlich von den festen Tönen der Mundhöhle auf die Flammenbilder erwarten lässt, will ich der Uebersicht wegen für jeden Vocal, gesungen auf jeden Ton der zwei Octaven von *C* bis $\bar{c}$, verzeichnen, welchem harmonischen Obertone der betreffende charakteristische Ton sich nähert und um wieviel Schwingungen er ihm nahe kommt.

Für *O*, *A* und *E* nehme ich die von Helmholtz angegebenen charakteristischen Töne $\bar{b}$, $\bar{\bar{b}}$ und $\bar{\bar{\bar{b}}}$ an, wogegen ich für *U* und *J* abweichend von den früheren Bestimmungen durch Donders und Helmholtz die Töne *b* und $\bar{\bar{\bar{\bar{b}}}}$ gefunden habe, so dass die fünf Hauptvocale

alle um Octaven von einander abstehen und der charakteristische Ton des tiefsten Vocals, nämlich des *U*, mit dem tiefsten Ton zusammenfällt, den der Mund noch einigermaassen gut durch Resonanz zu verstärken im Stande ist. Es handelt sich bei der Bestimmung dieser Töne nicht um eine ganz absolut genaue Schwingungszahl; wenn ich also z. B. beim Aufsuchen der stärksten Resonanz der für das *U* eingestellten Mundhöhle immer fand, dass sie zwischen 440 und 460 einfachen Schwingungen eintrat, so kann ich ebensowohl 448, wie 450 Schwingungen als charakteristischen Ton des *U* annehmen. Ich bemerke dieses hier besonders, weil ich in einer kleinen Mittheilung an die Pariser Academie (25. April 1870) über die erwähnte neue Bestimmung der charakteristischen Töne des *U* und des *J* als runde Schwingungszahlen für *U*, *O*, *A*, *E*, *J*. 450, 900, 1800, 3600 und 7200 einfache Schwingungen angegeben habe, wogegen ich bei folgender Uebersicht und auch sonst immer die ebenso richtigen Zahlen 448, 896, 1792, 3584 und 7168 benutzte, da zwar die ersteren leichter zu behalten sind, sich sonst aber an keinen gebräuchlichen Ton anlehnen, wogegen die letztgenannten Schwingungszahlen den siebenten Theilton von $\underline{C_1}$, C, c, $\bar{c}$ und $\bar{\bar{c}}$ bezeichnen ($\bar{c} = 512$ v. s.)

In der folgenden Tabelle enthält die erste Colonne den Vocal, die zweite die gesungene Note und die dritte und vierte die beiden Partialtöne des Klanges dieser Note, zwischen welche der charakteristische Ton des Vokals fällt, nebst der Angabe um wieviel Schwingungen der eine dieser Töne tiefer und der andere höher ist, als der Eigenton der Mundhöhle.

Beim *U* nähert sich also der charakteristische Ton dem dritten Theilton des *D* und *E*, dem zweiten des *A* und *H* und den Grundtönen *a* und *h*, und in der That kann man in den Flammengruppen von *D* und *E* eine Gliederung in drei, in denen von *A* und *H* in zwei Haupttheile erkennen, wie auch die Flammenbilder von *a* und *h* das grosse Uebergewicht an Indensität des Grundtones über die Nebentöne zeigen.

Beim *O* kommt der charakteristische Ton keinem der Obertöne der gesungenen Klänge (*C* ausgenommen) näher als etwa um einen halben Ton, es zeigt sich daher seine Wirkung auch nur sehr wenig in den Flammenbildern. Bei *a*, wo er sich dem zweiten und bei *d*, wo er sich dem dritten



Obertone nähert, erkennt man wohl die Gliederung in zwei und drei Theile, aber aus den weit complicirten Gruppen von *A*, *F* und *D* lässt sich ein besonderes Hervortreten der Töne 4, 5 und 6 nicht herausfinden, was auch ganz natürlich ist, da die Luftmasse im Munde nur wenig wird zum Vibriren gebracht werden können, wenn ihre Stimmung, wie hier, um einen halben Ton vom Einklange mit dem erregenden an sich schon schwachen Tone abweicht.

Beim *A* nähert sich der charakteristische Ton keinem der Obertöne auf mehr als 32 v. s., ausgenommen bei *C* und *c*, wo er mit dem 14ten und 7ten Obertone zusammenfällt. Die Bilder von *C* und *c* lassen jedoch die Existenz des 14ten und 7ten Theiltones nicht erkennen, wahrscheinlich, weil diese Töne einer so hohen Ordnung in dem im Kehlkopf erzeugten Klange schon so schwach sind, dass sie die Luftmasse im Munde nicht mehr zu genügend starkem Mitschwingen bringen, um noch auf die Flammen wirken zu können.

Für die Vocale *E* und *J* liegen die charakteristischen Töne zu hoch, um noch irgend eine Wirkung auf die Flamme äussern zu können, und so zeigt denn auch *E* auf $\bar{c}$ gesungen nur ein Bild, welches einen Grundton, der mässig von seiner Octave begleitet ist, darstellt, statt einer Gruppe von sieben Gipfeln. *J* auf denselben Ton gesungen, lässt gar nur eine Reihe einfacher Flammen sehen, die einen einfachen Ton anzuzeigen scheinen. — Diese Einfachheit des Flammenbildes ist aber hier, wie bei allen Bildern des *J*, nur scheinbar. Die sehr breiten, grossen und wenig zahlreichen Flammen, welche die verschiedenen Gruppen bilden, sind nämlich meistens ganze Flammenbüschel, welche bei nicht sehr starker Angabe des Tones allerdings wie einfache, etwas verschwommen gezeichnete Flammen erscheinen, in denen man aber bei sehr starkem Tone, und besonders beim Ansatze desselben, oft eine Menge heller Puncte deutlich erscheinen sieht, welche das Vorhandensein sehr hoher Theiltöne anzeigen. — Das laute Singen des *J* ist übrigens sehr anstrengend und wird mir besonders in der Tiefe so schwer, dass ich auch die Bilder für die Klänge von *C* bis *F* habe auf der Figur weglassen müssen.

Ich machte noch einen Versuch, um zu sehen, ob das Flammenbild eine besondere Veränderung erleiden würde, wenn ich den Ton, statt vor dem Munde, im Hintergrunde desselben mit der Röhre auffing, und sang dabei *A* auf *f*, erhielt jedoch mit Ausnahme der verschiedenen Intensität in beiden Fällen das gleiche Resultat.

U 448	*C*	8 (*g*)	— 64	+ 64	4 $\overline{(e)}$
	D	8 (*a*)	— 16	+ 128	4 $\overline{(d)}$
	E	2 (*e*)	—128	+ 82	8 $\overline{(h)}$
	F	2 (*f*)	—107	+ 64	8 $\overline{(c)}$
	G	2 (*g*)	— 64	+ 128	8 $\overline{(d)}$
	A	2 (*a*)	— 22	+ 192	8 $\overline{(e)}$
	H	1 (*H*)	—208	+ 82	2 $\overline{(h)}$
	c	1 (*c*)	—192	+ 64	2 $\overline{(c)}$
	d	1 (*d*)	—160	+ 128	2 $\overline{(d)}$
	e	1 (*e*)	—128	+ 192	2 $\overline{(e)}$
	f	1 (*f*)	—106,7	+ 234,6	2 $\overline{(f)}$
	g	1 (*g*)	— 64	+ 820	2 $\overline{(g)}$
	a	1 (*a*)	— 21,4	+ 405,2	2 $\overline{(a)}$
	h			+ 82	1 $\overline{(h)}$
	$\overline{c}$			+ 64	1 $\overline{(c)}$

O 896	*C*		7		
	D	6 $\overline{(a)}$	— 32	+ 112	7
	E	5 $\overline{(gis)}$	— 96	+ 64	6 $\overline{(h)}$
	F	5 $\overline{(a)}$	— 42,6	+ 128	6 $\overline{\overline{(c)}}$
	G	4 $\overline{(g)}$	—128	+ 64	5 $\overline{(h)}$
	A	4 $\overline{(a)}$	— 42,6	+ 170,6	5 $\overline{\overline{(cis)}}$
	H	8 $\overline{(fis)}$	—176	+ 64	4 $\overline{(h)}$
	c	8 $\overline{(g)}$	—128	+ 128	4 $\overline{\overline{(c)}}$
	d	8 $\overline{(a)}$	— 32	+ 2˙6	4 $\overline{\overline{(d)}}$
	e	2 $\overline{(e)}$	—256	+ 64	8 $\overline{(h)}$
	f	2 $\overline{(f)}$	—218,4	+ 128	8 $\overline{\overline{(c)}}$
	g	2 $\overline{(g)}$	128	+ 256	3 $\overline{\overline{(d)}}$
	a	2 $\overline{(a)}$	— 42,6	+ 384	3 $\overline{\overline{(e)}}$
	h	1 $\overline{(h)}$	—416	+ 64	2 $\overline{(h)}$
	$\overline{c}$	1 $\overline{(c)}$	—384	+ 128	2 $\overline{\overline{(c)}}$

A	C			1 4		E	C	28
1792	D	12 $\overline{\overline{(a)}}$	— 64	+ 80	13	3584	c	14
	E	11	— 32	+ 128	12 $\overline{\overline{\overline{(h)}}}$		$\overline{c}$	7
	F	10 $\overline{\overline{(a)}}$	— 86	+ 85	11			
	G	9 $\overline{\overline{(a)}}$	— 64	+ 128	10 $\overline{\overline{(h)}}$	J	C	56
	A	8 $\overline{\overline{(a)}}$	— 86	+ 128	9 $\overline{\overline{(h)}}$	7168	c	28
	H	7 $\overline{\overline{\ }}$	—112	+ 128	8 $\overline{\overline{(h)}}$		$\overline{c}$	14
	c			7				
	d	6 $\overline{\overline{(a)}}$	— 64	+ 124	7			
	e	5 $\overline{\overline{(gis)}}$	—192	+ 128	6 $\overline{\overline{(h)}}$			
	f	5 $\overline{\overline{(a)}}$	— 85	+ 256	6 $\overline{\overline{\overline{(c)}}}$			
	g	4 $\overline{\overline{(g)}}$	—256	+ 128	5 $\overline{\overline{(h)}}$			
	a	4 $\overline{\overline{(a)}}$	— 36	+ 341	5 $\overline{\overline{\overline{(cis)}}}$			
	h	3 $\overline{\overline{(fis)}}$	—352	+ 128	4 $\overline{\overline{(h)}}$			
	$\overline{c}$	3 $\overline{\overline{(g)}}$	—256	+ 256	4 $\overline{\overline{\overline{(c)}}}$			

Die Vocale der Flüsterstimme brachten nur eine sehr geringe Wirkung auf die Flamme hervor. Der Lichtstreifen im Spiegel erschien unter ihrem Einflusse wie ein abwechselnd dunkler und heller gestreiftes Band mit unregelmässigen, kleinen Zacken, und das Ganze war so unbestimmt und verschwommen, dass sich nicht einmal ein Unterschied zwischen den verschiedenen Vocalen erkennen liess.

Die Halbvocale *M* und *N* gaben so gleiche Bilder, dass ich sie nicht von einander unterscheiden konnte. Ich habe dieselben für die Töne $\bar{e}$ *g e c* verzeichnet (Fig. 9, Taf. II); tiefere Töne liessen längere, aber verwaschene und unbestimmte Perioden sehen. Natürlich musste ich bei diesen Experimenten die Nase statt des Mundes in die Trichteröffnung stecken.

Der Zitterlaut *R*, tonlos hervorgebracht, zeichnet eine Reihe Flammenberge von verschiedener Höhe, welche ziemlich regelmässig geschlitzt oder gezahnt sind. In dem kleinen drehenden Spiegel, den ich gewöhnlich anwende und dessen Platten 15^{ctm} Breite haben, schienen mir diese Berge ganz unregelmässig auf einander zu folgen, wogegen sich bei Anwendung eines grösseren von 40^{ctm} Breite die vollständig regelmässige Periodicität der ganzen Gruppe ergab, welche sich in der Breite des Spiegels vier bis fünfmal wiederholte. Die Zähne, welche über sämmtliche Flammenberge fortlaufen, rühren von dem blossen Lichtstrome her. Man kann sich hiervon leicht überzeugen, indem man die Zunge, statt sie am Gaumen vibriren zu lassen, nur wenig von demselben entfernt und durch die so gebildete Enge die Luft heftig aus dem Munde treibt. Der Flammenstreifen erscheint dann geschlitzt, ohne dass sich einzelne Flammengipfel aus demselben erheben.

Lässt man bei der Angabe des *R* die Stimme mittönen, so setzt sich die Klangfigur der Stimme mit der des stummen *R* zusammen, und entsteht eine so verwickelte Reihenfolge einzelner Flammen und ganzer Gruppen verschiedenster Höhe und Form, dass es bei der Flüchtigkeit des Bildes schwer gelingen dürfte, dieselbe zu entwirren. Den Charakter des stummen *R* habe ich in Fig. 10, Taf. II wiederzugeben gesucht.

Die tonlosen explosivae *P*, *T* und *K* lassen sehr wohl ihren verschiedenen Charakter erkennen. Beim *P* erhebt sich die Flamme ganz plötzlich und steil bis zu einer bedeutenden Höhe über der geraden Linie, sie zeigt hintereinander zwei bis drei fast gleich hohe

Elancements, auf welche denn einige abgerundetere und in der Höhe schnell abnehmende Berge folgen. Die hohen wie die niedrigeren Hauptbewegungen zeigen wieder wie beim *R* die durch den Luftstrom bewirkte Zahnung.

Beim *T* ist die Erhebung weniger plötzlich, nicht so hoch, und es fehlen auch die tiefen Einschnitte, welche beim *P* im Anfange ein zwei- bis dreimaliges sehr schnelles und energisches Aufflammen erkennen lassen.

Beim *A*, dessen Articulationsstelle im Munde noch tiefer nach hinten liegt, ist auch noch weit weniger ein plötzlich starkes Aufzucken der Flamme zu sehen, sondern das Bild beginnt mit einer fast gleichmässig auf- und absteigenden Welle, auf die einige in ihrer Grösse schnell abnehmende, von fast gleicher Form folgen. Die Zahnung des ganzen Bildes findet auch hier wie bei *P* und *T* statt.

Wenn man hintereinander öfters einen dieser Consonanten ausstösst und dabei den Spiegel beständig dreht, so bekommt man nur selten das Bild gut zu sehen, es ist daher besser, den Spiegel so zu stellen, dass das Bild der Flamme sich gerade an einer Ecke befindet, und bei einer kleinen Drehung desselben seine ganze Fläche durchlaufen muss. Stösst man den Consonanten nur im Augenblick aus, in welchem man diese Bewegung mit der Hand anfängt, so gelingt es fast immer, gerade den interessantesten Theil, nämlich den Anfang des Bildes, zu beobachten. Wollte man diese Experimente weiter verfolgen, so würde man vielleicht mit Nutzen einen Spiegel anwenden, der schief auf eine Axe aufgesetzt wäre, um die er gedreht würde, und der dann das Bild der Flamme, statt in unterbrochenen Streifen, in einem zusammenhängenden Kreise erscheinen liesse.

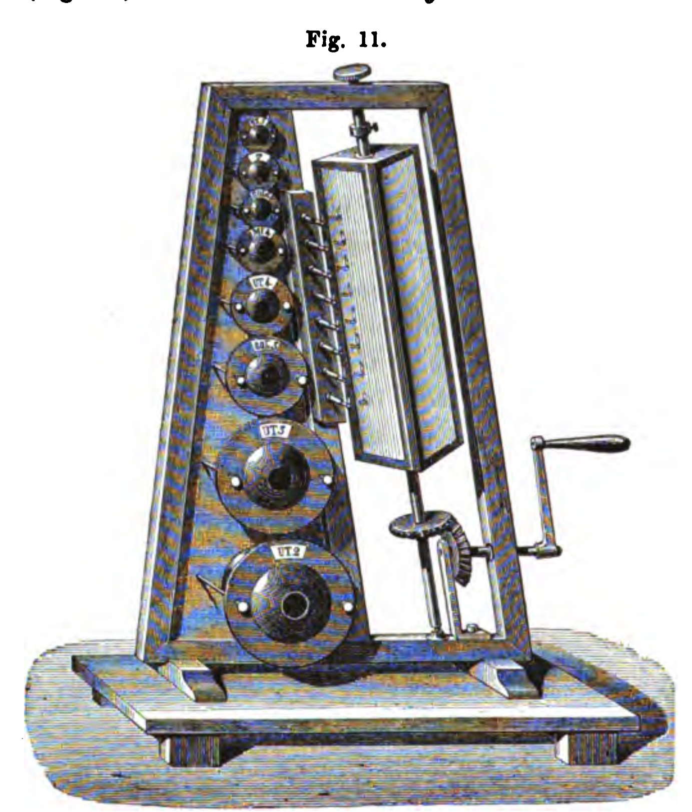
Die tonlosen Zischlaute *F*, *S* und *CH* geben ein ebenso ungenügendes Resultat, wie die Vocale der Flüsterstimme. Ich konnte aus den verwischten dunklen Stellen im Lichtstreifen nichts Bestimmtes heraussehen.

Zerlegung der Klänge in ihre einfachen Töne.

Dieselben Resonatoren von Helmholtz, welche zur Analyse des Klanges vermittelst des Ohres dienen, finden auch bei der sichtbaren Zerlegung der Klänge durch die Flammen ihre Anwendung. Ich construire zu diesem Zwecke einen Apparat mit acht auf die harmonischen Töne von *c* gestimmten Resonatoren, von denen jeder mit einer mano-

metrischen Flamme verbunden ist. Diese acht Flammen sind über einander in einer schrägen Linie angebracht und lassen in dem in gleicher Richtung befestigten drehenden Spiegel acht parallele Lichtstreifen sehen, wenn sie in Ruhe sind, und Wellenlinien, wenn sie vibriren (Fig. 11). Natürlich muss hier jede Flamme vollständig un-

Fig. 11.



abhängig von der andern sein, jede Flamme darf nur dann vibriren, wenn der zu ihr gehörige Resonator durch einen Ton im Unisono erregt wird, und die nicht in der Resonatorreihe enthaltenen Töne müssen auf keine der Flammen irgend welche Wirkung äussern. Um nachzuweisen, dass der Apparat diese Bedingungen erfüllt, bediene ich mich gewöhnlich einer Reihe Stimmgabeln auf Resonanzkästen, welche, besonders einige Augenblicke nach dem Anstreichen, nahezu einfache Töne geben. Ich lasse erst Gabeln, die mit den Resonatoren im Einklang sind, einzeln ertönen und zeige, dass sich immer nur die ihren Tönen zukommenden Lichtstreifen in Vibrationen auflösen, so dass man durchaus mehrere einfache Töne angeben muss, wenn mehrere

Lichtstreifen gezahnt erscheinen sollen, und vermittelst einer nicht mit den Resonatoren im Einklang stehenden Stimmgabel weise ich nach, dass ihr Ton, selbst bei beträchtlicher Stärke, auf die Flammen nicht einwirkt. Bei sehr grosser Intensität eines Tones kann es allerdings vorkommen, dass derselbe durch die Resonatoren hindurch auf alle Flammen zugleich einwirkt, dieser Fall wird aber nie zu Irrthümern Anlass geben können, da, wenn er eintritt, alle Flammenreihen gleich erscheinen, während bei der Wirkung der Resonation die Anzahl der einzelnen Flammenwellen in den Reihen nach oben zu im Verhältniss der Zahlen 1:2:3 u. s. w. wächst und ihre Breite natürlich dabei auch im umgekehrten Verhältniss abnimmt.

Wenn in dieser Weise die Natur des Apparates klar gemacht ist, so lasse ich vor demselben einen Klang ertönen, dessen Grundton *c* ist, und die gezähnt erscheinenden Lichtstreifen zeigen dann an, von welchen harmonischen Tönen der Grundton des Klanges begleitet ist, wie auch mit welcher relativen Intensität diese Töne existiren.

Streicht man vor dem Apparate das *g* der Geige an, für welchen Ton selbst derselbe keinen Resonator enthält, so vibrirt die Octave $\bar{g}$ sehr stark, und das $\bar{c}$ desselben Instrumentes löst zugleich mit der Flamme des Grundtones die der Octave $\overline{\overline{(c)}}$ auf. Eine offene Orgelpfeife, von nicht sehr weiter Mensur, auf *c* gestimmt, versetzte, stark angeblasen, die ersten fünf Flammen in Schwingung, wobei der dritte Ton weit stärker vibrirte als die Octave. Eine gedeckte Orgelpfeife mit demselben Grundton liess die Duodezime sehr stark und den Ton 5 nur sehr schwach erscheinen. Eine durchschlagende Zunge ohne Schallbecher löste die ersten sechs harmonischen Töne mit ziemlich gleichmässig abnehmender Intensität auf.

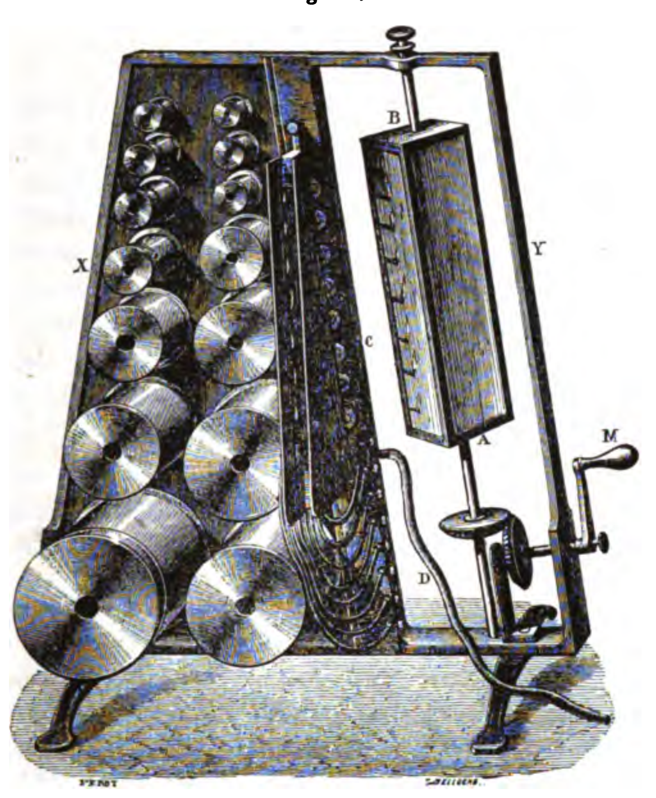
Beim Singen des *U* zeigt ausser dem Grundton die Octave ziemlich starke Schwingungen, und nur mitunter bemerkt man eine ganz geringe Wirkung auf den dritten Ton. *D* dagegen erregt die Flamme des dritten und vierten Tones sehr stark, während die Schwingungen der Octave schwächer sind, als beim *U*. Der fünfte Flammenstreifen ist beim *O* auch noch, aber nur schwach gezähnt. Beim *OA* rückt die Gegend der grössten Intensität noch höher, es sind der vierte und fünfte Ton, welche die tiefsten Einschnitte in dem Lichtstreifen zeigen, während die tieferen Töne schwächer geworden sind. Beim *A* lösen sich alle Flammen bis zur siebenten auf, und die vierte, fünfte und

sechste schwingen besonders stark. Singt man *E*, so sieht man den Grundton schwach von der Octave begleitet und sehr stark von der Duodezime. Die Doppeloctave und ihre Terz zeigen Schwingungen mittlerer Intensität, und die siebente Flamme lässt auch noch Spuren von dem Dasein des siebenten Tones erkennen. *J* auf *c* gesungen setzt ausser seinem Grundtone nur noch die Octave in sehr starke Bewegung, während alle anderen Flammen in Ruhe bleiben.

Die Resonatoren 7 und 8 (*c*) des Apparates bringen schon schwer ihre Flammen zum Vibriren, die Töne müssen dazu ziemlich stark sein. Es ist hier jedenfalls die Gränze, wo die Flammen überhaupt noch zweckmässig angewendet werden können.

Da dieser Apparat nicht gestattet, den Grundton des zu zerlegenden Vocals oder sonstigen Klanges nach Belieben zu wählen, so eignet er sich mehr für die Demonstration, als zu weiteren Untersuchungen. Um ihn auch für die letzteren vollständig und zweckmässig herzustellen, habe ich ein zweites Modell construirt, bei welchem die acht Kugelresonatoren durch eine Reihe von 14 Universalresonatoren ersetzt sind (Fig. 12). Diese Resonatoren bestehen aus einem Cylinder, etwa von der Länge des Durchmessers, welcher von zwei ineinandergeschobenen Röhren gebildet wird. Das äussere dieser Röhrenstücke läuft an einem Ende in eine Halbkugel aus, in welcher die Röhre für das Ohr ausgetrieben ist, wie bei den Kugelresonatoren. Das entgegengesetzte Ende der inneren Röhre ist durch eine Platte verschlossen, in deren Mitte sich die Oeffnung für die Communication der eingeschlossenen Luftmasse mit der äusseren Luft befindet. Diese Disposition gestattet durch Ausziehen der Röhre die Luftmasse des Resonators zu vergrössern und seinen Eigenton etwa um eine Terz herabzustimmen. Auf der inneren Röhre sind die Linien verzeichnet, bis zu welchen man die äussere für die verschiedenen Töne herauszuziehen hat. Die tieferen Resonatoren der Reihe sind so construirt, dass der höchste Ton des grösseren immer bis zum tiefsten des nächst kleineren reicht. Für die höheren würde dieses nicht ausgereicht haben, weil die sechsten, siebenten und achten Theiltöne schon so nahe aneinanderrücken, dass man in den Fall kommen könnte, zwei von ihnen mit demselben Resonator bilden zu müssen, da also greifen die höchsten Töne der tieferen über die tiefen Töne der nächst höheren Resonatoren um einen ganzen Ton über, so dass die einzelnen Resonatoren der ganzen Reihe folgende Töne enthalten: 1, *G-H*. 2, *H-dis*. 3, *dis-fis*. 4, *fis-a*. 5, *a*-$\bar{c}$. 6, $\bar{c}$-$\bar{e}$,

Fig. 12.



7, $\bar{e}$-$\overline{gis}$. 8, $\overline{gis}$-$\bar{\bar{c}}$. 9, $\bar{\bar{c}}$-$\bar{\bar{e}}$. 10, $\bar{\bar{d}}$-$\bar{\bar{f}}$. 11, $\bar{\bar{e}}$-$\overline{\overline{gis}}$. 12, $\bar{\bar{f}}$-$\bar{\bar{a}}$. 13, $\overline{\overline{gis}}$-$\bar{\bar{\bar{c}}}$. 14, $\bar{\bar{\bar{c}}}$-$\bar{\bar{\bar{d}}}$. Die Reihe der Obertöne für die Töne der beiden Octaven von C-$\bar{c}$ findet sich hiernach in den jedem derselben beigesetzten Resonatoren der folgenden Tabelle:

C — , 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	*c* — 2, 5, 7, 8, 9, 11, 13, 14.
D — , 2, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11	*d* — 2, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14,
E — , 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11	*e* — 3, 6, 8, 9, 11, 13, 14,
F — , 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13	*f* — 3, 7, 8, 11, 12, 13,
G — 1, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11,	*g* — 4, 7, 9, 11, 13,
A — 1, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12,	*a* — 5, 8, 9, 12, 14,
H — 1, 5, 7, 8, 9, 11, 12, 13,	*h* — 5, 8, 11, 12,
	$\bar{c}$ — 5, 8, 11, 13.

Für die Grundtöne *C-F* fehlen die Resonatoren, man kann aber dann bis zum neunten Tone des Klanges beobachten. Für die Klänge *G-d* reichen die Resonatoren bis zum achten Tone, von da ab fangen die letzten zu fehlen an: bei *e* disponirt man nur noch über sechs,

bei f über fünf und zuletzt bei $\bar{c}$ nur noch über drei Flammen für die Obertöne.

Obgleich, wie schon gesagt, auf jedem Resonator angegeben ist, wie viel er für die verschiedenen Noten ausgezogen werden muss, so ist es doch gut, um sehr genaue Resultate mit dem Apparate zu erhalten, besonders wenn der Grundton des zu untersuchenden Klanges nicht genau mit einer der verzeichneten Noten zusammenfällt, folgendes Verfahren anzuwenden, um den betreffenden Resonatoren die erforderte genaue Stimmung zu geben. Man stimmt eine Saite des Sonometers auf den Grundton des Klanges und bringt auf derselben die harmonischen Töne einen nach dem anderen hervor. Bei jedem setzt man dann den betreffenden Resonator, statt mit der manometrischen Kapsel, erst mit dem Ohre in Verbindung, indem man seinen Kautschukschlauch in dasselbe einführt, beim mehr oder weniger weiten Ausziehen ist es dann sehr leicht, die Stellung für die stärkste Resonanz zu finden.

Nachdem ich acht dieser Resonatoren die Stimmung von c und seinen Obertönen gegeben, wiederholte ich mit diesem Apparate dieselben Experimente, welche ich mit dem Kugelresonatoren-Apparate angestellt hatte und erhielt durchaus dieselben Resultate; es war nicht im geringsten zu bemerken, dass die Sensibilität der Flammen hier schwächer gewesen wäre, so dass mir in der That dieser Apparat zu genaueren und umfassenderen Untersuchungen über die Klänge im allgemeinen und besonders die der menschlichen Stimme im höchsten Grade geeignet erscheint, wenigstens so weit sich diese nur bis zur Erforchung der die Klänge zusammensetzenden Töne erstrecken, welche nicht $\overline{\overline{\overline{c}}}$ überschreiten. Es ist aber dabei zu bemerken, dass auch die directe Anwendung der Resonatoren mit dem Ohre nicht weit über diese Gränze mit Erfolg statthaben kann.

Leider habe ich mich jetzt überzeugt, dass der Zustand meiner Stimme mir Untersuchungen in dieser Richtung, welche ich beabsichtigt, nicht gestattet, und so habe ich mich hier damit begnügen müssen, nur die Leistungsfähigkeit des Apparates nachzuweisen, wie ich es auch weiter unten wieder thun werde bei der Beschreibung der Methode, die Vocalklänge, oder auch andere, durch Elimination einzelner Partialtöne oder ganzer Reihen derselben zu untersuchen.

Interferenzerscheinungen.

Bei der Beschreibung der durch Combination der Töne zweier Orgelpfeifen erhaltenen Resultate habe ich nicht des Einklanges erwähnt. Die Combination zweier Unisonotöne gewährt nämlich ein ganz specielles Interesse wegen der Mittheilung der Schwingungen und der Interferenzerscheinungen, welche sich bei derselben beobachten lassen, woher ich es vorzog, sie erst hier und im Zusammenhange mit anderen ähnlichen Experimenten zu beschreiben.

Setzt man zwei Orgelpfeifen, die mit einander im Einklange stehen, mit zwei Flammen in Verbindung und lässt nur eine ertönen, so zeigt die Flamme der anderen, dass die in derselben eingeschlossene Luftsäule durch Communication in Mitschwingung versetzt ist, und diese Mittheilung der Schwingungen findet noch statt, wenn die Orgelpfeifen nicht mehr im genauen Einklang mit einander sind und also zusammen angeblasen Stösse hören lassen. Es ist aber zu bemerken, dass in diesem Falle in der influenzirten Pfeife sich nicht ihre Eigenschwingungen bilden, sondern nur Schwingungen, die genau unisono sind mit der influenzirenden, so dass sich Stösse weder hören, noch auch in der Flamme beobachten lassen. Bläst man aber auch die zweite Orgelpfeife an und erregt somit ihre Eigenschwingungen, so combiniren sich diese mit den Resonanzschwingungen, und die Flamme zeigt durch ihre heftigen Zuckungen Stösse an, welche man auch deutlich vernimmt.

Ich mache auf dieses isolirte Auftreten der Resonanzschwingungen in der Luftsäule deshalb besonders aufmerksam, weil sich dasselbe bei den Influenzerscheinungen, z. B. zweier auf demselben Resonanzboden gespannten Saiten nicht zeigt, sondern in der influenzirten Saite, auch ohne dass sie selbst angestrichen oder angeschlagen ist, immer die Eigenschwingungen mit den Resonanzschwingungen combinirt bestehen. Bekanntlich adaptiren sich die Stösse zweier solcher, sich gegenseitig influenzirender Saiten in der Weise, dass eine gerade das Maximum der Schwingungsweite erreicht, wenn die andere bei ihrem Minimum angelangt ist, und die Flammen der beiden sich influenzirenden Orgelpfeifen zeigen dasselbe Phänomen, indem die eine emporsteigt, während die andere niedersinkt, beide müssen dabei aber zugleich angeblasen werden, während man von den zwei Saiten nur eine zu erregen nöthig hat.

Beim vollständigen Einklang der Pfeifen, bei welchem sich ihre einzelnen Schwingungen in derselben Art gegenseitig adaptiren, wie es

vorher die Stösse thaten, d. h. so, dass in dem Knoten der einen gerade Verdichtung der Luft eintritt, wenn in dem der anderen Verdünnung stattfindet, kann man den ganzen Vorgang deutlich vermittelst der beiden Flammen beobachten, wenn man sie in einer Verticallinie unter einander einstellt. Die Schwingungen beider Flammen zeigen sich ungeschwächt, ihre einzelnen Bilder im drehenden Spiegel sind jedoch in beiden Linien nicht unter einander, sondern alternirend.

Wirken beide Töne zugleich auf dieselbe Flamme, so zeigt diese bei den Stössen natürlich noch viel stärkere Zuckungen, als es die zwei Flammen thaten, da sie bei den letzteren durch direct erregte und influenzirte, also sehr ungleich starke Schwingungen in derselben Luftsäule, hier dagegen durch direct in zwei gleichen Luftsäulen hervorgerufen und also nahezu gleich starke Töne gebildet werden. Nähert man die beiden Töne allmälich dem Einklange, so bemerkt man, dass man hier die Schwebungen nicht, wie etwa bei Stimmgabeln, nach Belieben verlangsamen kann, sondern bei einer gewissen Gränze verschwinden sie plötzlich und die beiden Luftsäulen schwingen wie ein System, d. h. wie zwei etwas ungleich gestimmte Körper, die so innig mit einander verbunden sind und daher gegenseitig so stark auf einander wirken, dass keiner von beiden seinen Eigenton ungestört hervorbringen kann, was dann zur Folge hat, dass nur ein einziger, zwischen beiden liegender Mittelton entsteht. Dieser Ton ist stärker, als der einer einzelnen Orgelpfeife, und die Flamme zeigt dabei in ihrem Innern in der Mitte eine leuchtende Verengung, welche sich über einem nicht leuchtenden, blauen, breiteren Raume erhebt. Nähert man sich nun mehr und mehr dem reinen Einklange, so wächst die Höhe dieses dunkeln Raumes, die leuchtende Verengung verschwindet, und ist der Einklang ganz erreicht, so hat die Flamme das Aussehen angenommen, als wäre sie in Ruhe. Im selben Augenblicke ist dann aber auch der starke Grundton der Pfeifen fast gänzlich verschwunden und man hört den ersten Oberton deutlich hervortreten, da ja bekanntlich bei dem Gangunterschied einer halben Schwingungsperiode zweier gleicher Klänge im Unisono, während der Grundton und die ungeraden Obertöne zerstört werden, alle geraden Obertöne in beiden Klängen ohne Phasenunterschied schwingen und sich somit verstärken. Diese Octave lässt auch die Flamme im drehenden Spiegel erkennen, indem sie eine Reihe ganz niedriger breiter Flammenbilder sehen lässt, von denen jedes einzelne gespalten erscheint. Man thut gut, bei diesem Experimente

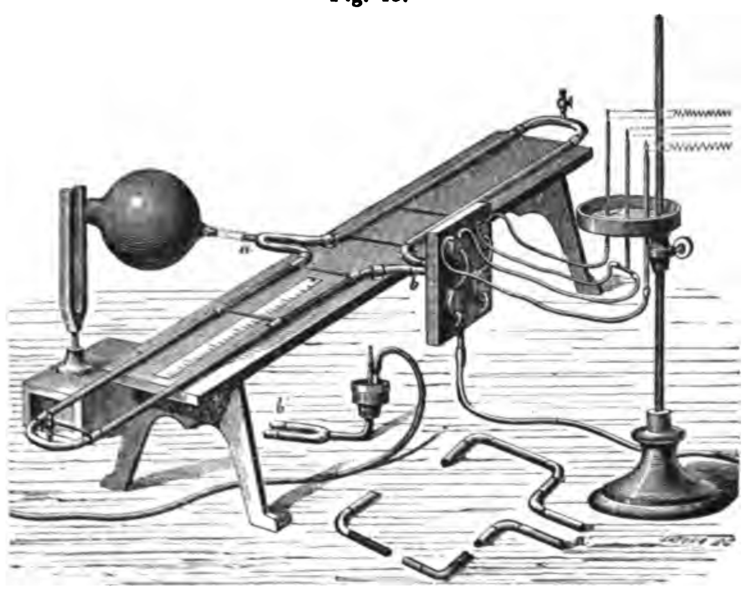
einen etwas stärkeren Luftdruck anzuwenden, um die Intensität der Octave im Klange der Pfeifen dadurch zu vermehren.

Da dieses Hervortreten der Octave bei der Interferenz der Grundtöne zweier Klänge, sich auch besonders schön vermittelst der Doppelsyrene von Helmholtz nachweisen lässt, so stellte ich auch für diesen Fall das Phänomen durch die Flammen sichtbar dar. Ich versah zu diesem Zwecke jeden der beiden Resonanzkästen über den drehenden Scheiben mit einer Röhre, welche erlaubte ihren inneren Raum in directe Verbindung mit der zur Kapsel führenden Röhre zu setzen, und diese Verbindung stellte ich vermittelst Kautschukröhren her, so dass der obere Windkasten der Sirene seine Beweglichkeit in den Gränzen beibehielt, um durch seine verschiedene Stellungen die Interferenz hervorrufen und wieder aufheben zu können. Immer, wenn man bei solcher Disposition den oberen Sirenenkasten der Interferenzstelle nähert, sieht man dann die grossen Schwingungen des Grundtones allmälich verschwinden und die kurze, gespaltene Flamme als Bild der Octave an ihre Stelle treten.

Ein besonderer Apparat, den ich für die Beobachtung der Interferenzerscheinungen verschiedenster Art construire, beruht auf der zuerst von Herschel angegebenen und nach ihm von vielen Physikern angewendeten Methode, Interferenz dadurch zu erzeugen, dass man die von derselben Tonquelle kommenden Wellen zwei um eine Halbwelle verschieden lange Wege durchlaufen lässt und darauf wieder vereinigt. Er besteht aus einer Röhre, welche sich zwischen ihren Enden in zwei Arme verzweigt, von denen der eine durch Ausziehen beliebig verlängert werden kann (Fig. 13). Will man eine sehr vollständige Interferenz erhalten, so muss man einen möglichst einfachen Ton in die Röhre einführen, indem man mit derselben einen Resonator verbindet, vor dem man die entsprechende Stimmgabel tönen lässt. Verlängert man nun den einen der Arme bis der Längenunterschied beider der halben Wellenlänge des Tones der Stimmgabel gleich geworden ist, so zerstören sich die durch beide Leitungen kommenden Wellen am anderen Ende der Röhre, und lässt man dieses in einen kleinen Hohlraum münden, über welchem eine manometrische Kapsel angebracht ist, so sieht man beim Ausziehen des einen Röhrenarmes wie die zuerst tiefgeschlitzte Flammenreihe im drehenden Spiegel sich allmälich in einen einfachen Lichtstreifen verwandelt, bis der Gang-



Fig. 13.



unterschied einer halben Wellenlänge erreicht ist. Noch schöner lässt sich die Interferenz vermittelst einer anderen Disposition darstellen. Statt die wieder zu einer einzigen Röhre vereinigten Arme auf eine Kapsel wirken zu lassen, bringe ich an den beiden Ausläufern der zwei Röhrenzweige einen kleinen Apparat an, der so eingerichtet ist, dass nun jeder Zweig mit einer besonderen Kapsel in Verbindung steht. Diese beiden Kapseln, deren Wirkung auf einander durch zwei Hülfskapseln aufgehoben ist, sind mit zwei Gasausflussröhren, statt mit einer versehen. Auf einem Ständer befinden sich drei Brenner, welche in verschiedener Höhe befestigt werden und von denen der mittelste für die Aufnahme zweier Kautschukröhren eingerichtet ist. Ich verbinde nun eine Gasausflussröhre der einen Kapsel mit dem höchsten Brenner, eine der anderen Kapsel mit dem tiefsten, und durch die übrigbleibenden zwei Ausflussröhren setze ich beide Kapseln mit dem mittelsten Brenner in Verbindung. Lasse ich jetzt die Stimmgabeln bei gleicher Länge der Röhrenarme ertönen, so zeigen die drei Flammen im drehenden Spiegel drei gleich tief geschlitzte Flammenreihen über einander, von denen die mittelste allein beim Verlängern des einen Armes um eine halbe Wellenlänge des Tones in einen einfachen Lichtstreifen übergeht, während die beiden anderen Flammen mit unveränderter Intensität fortschwingen, so dass man hier zugleich die Wirk-

ung der Tonwellen überblickt, wenn sie durch den einen Arm allein ankommen, wenn sie nur den zweiten allein durchlaufen haben, und auch, wenn sie nach dem Durchgang durch beide wieder vereinigt bis zur Flamme gelangen.

Wendet man bei diesen Experimenten als Tonquelle statt einer Stimmgabel mit Resonator eine offene Orgelpfeife von nicht zu grosser Weite an, so treten wieder während der Interferenz der Wellen des Grundtones die Schwingungen der Octave hervor. Wie den Grundton, so kann man auch jeden beliebigen Oberton aus einem Klange durch Interferenz entfernen, was sich sehr anschaulich vermittelst der oben beschriebenen gedeckten Pfeife nachweisen lässt. Ich führe den Klang derselben in den Apparat, indem ich nach Entfernung des Gasbrenners die an ihrem Ende befindliche Kapsel durch eine Kautschukröhre mit demselben verbinde. Ziehe ich dann die eine Röhre so weit aus, dass für den Ton 3 die Interferenz eintritt, so zeigt die mittelste der Flammen im Spiegel die einfache Flammenreihe des Grundtones, während beiden anderen das oben beschriebene aus der Combination der Töne 1 und 3 (Fig. 5, Taf. II) entstandene Bild sehen lassen. Ebenso kann man auch aus Vocalklängen verschiedene Obertöne, oder vielmehr ganze Reihen derselben ausscheiden, was eine neue und sehr ergiebige Methode zur Untersuchung dieser Klänge abgiebt. Bei diesen Experimenten ist die Disposition mit den drei Flammen ganz besonders nützlich, weil die immer unverändert bleibenden Bilder der oberen und unteren Flamme die geringste Aenderung in dem der mittelsten genau wahrzunehmen gestatten. So z. B. zeigt *U* auf $\bar{c}$ in den Apparat gesungen, den Grundton nur sehr schwach von der Octave begleitet; stellt man den Apparat so ein, dass die Wellen von $\bar{\bar{c}}$ interferiren, so verschwindet jede Spur dieser Octave, wogegen bei der Interferenz des Grundtones an die Stelle jeder breiten Flamme zwei schmale, fast gleich hohe treten, welche die jetzt fast allein bestehende Octave darstellen. Mit *O* auf denselben Ton gesungen, bei dem die Octave weit stärker den Grundton begleitet, als bei *U*, kann man dieselben Experimente machen, nur tritt hier bei der Interferenz der Octave der Ton 3 hervor, indem die breite Flamme des Grundtones nun in drei absteigende Spitzen ausläuft. *A* auf $\bar{c}$ gesungen, lässt bei der Interferenz des dritten Tones die Octave neben dem Grundton stark hervortreten. Interferiren die Wellen der Octave, so erscheint

eine Gruppe von fünf Flammengipfeln, welche auf die Töne 1, 3 und 5 hinzudeuten scheinen. Unterdrückt man den Grundton und somit auch die Töne 3, 5 u. s. w., so erscheint eine einfache Flammenreihe, welche durch die Octave allein gebildet wird. Diese Erscheinungen sind jedoch keineswegs immer so einfacher Natur, wie in diesen Beispielen, wenn es sich um zusammengesetztere Flammengruppen der tieferen Klänge handelt, und so will ich z. B. darauf noch aufmerksam machen, dass man beim Verlängern der einen Röhre des Apparates oft plötzlich ganz bedeutende Veränderungen im Flammenbilde eintreten sieht, während dieselbe sich zwischen den Interferenzstellen zweier auf einander folgender Obertöne des Klanges befindet. Es ist dieses dann die Interferenzstelle der tieferen Octave oder Duodezime eines höheren Obertones des Klanges, welcher auf diese Weise aus demselben ausgeschieden wird.

An Stelle des gabelförmigen Röhrenstückes, in welches bei allen vorhergehenden Experimenten der Ton oder Klang eingeführt wurde, kann man zwei einzelne Röhrenstücke aufsetzen, welche eine genau gleiche Länge und Form haben und von denen jedes aus drei in einander geschobenen und um sich selbst drehbaren Stücken besteht, so dass man die beiden freien Oeffnungen an ihren Enden in jeder beliebigen Richtung bewegen kann, ohne jemals ihre Länge oder die Form ihrer Krümmungen zu verändern. Diese Vorrichtung gestattet dann den Ton von zwei verschiedenen Stellen eines schwingenden Körpers in den Apparat einzuführen, z. B. von zwei mit entgegengesetzten Zeichen schwingenden Feldern einer Platte oder von der gleichen Stelle aber den entgegengesetzten Flächen derselben, in welchen beiden Fällen dann beim Durchgang durch die zwei gleich langen Wege die Interferenz stattfindet und der Ton erst hervortritt, wenn man durch Ausziehen des einen Armes diese Interferenz zerstört.

Damit der Apparat auch zur Bestimmung der Wellenlänge eines Tones in verschiedenen Gasen und für die Experimente von Zoch dienen könne, habe ich die Leitung mit zwei Hähnen versehen, welche zur Füllung und Leerung derselben dienen sollen. Der Resonator kann natürlich, wenn man mit einem anderen Gase als der atmosphärischen Luft experimentirt, nicht in directer Verbindung mit dem Innern der Röhre bleiben, und man muss daher in solchem Falle zwischen beiden einen kleinen Hohlraum einschalten, der in der Mitte durch eine dünne Membrane in zwei Hälften getheilt wird, von denen die eine mit der

Leitung, die andere mit dem Resonator zu verbinden ist. Ausserdem hat man denn auch Kautschukringe über die Enden der Röhrenstücke zu ziehen, welche nur über einander geschoben sind, damit das Gas nicht an diesen Stellen entweichen kann.

Dass dieser Apparat schliesslich auch die directe Beobachtung der verschiedenen Interferenzphänomene mit dem Ohre und somit die Wiederholung der Experimente von Mach, Quincke u. A. gestattet, versteht sich wohl von selbst. Man hat zu diesem Zwecke eben nur an Stelle des Flammenapparates das eine der gabelförmigen Röhrenstücke zu setzen und dieses durch eine Kautschuckröhre mit dem Ohre zu verbinden.

Der magnetische Reisetheodolith von Lamont.

Beschrieben von Ph. Carl.

(Hiezu Tafel IV—XI.)

1. In den letzten Bänden des Repertoriums wurden mehrere neue magnetische Instrumente von Wild[1]), Meyerstein[2]) und Edelmann[3]) beschrieben.

Wenn man sich erinnert, welch' rege Thätigkeit seiner Zeit der magnetische Verein in Bezug auf die Förderung des Erdmagnetismus hervorrief, so muss man die genannten Erscheinungen, welche eine Vervollkommnung der Beobachtungshilfsmittel anstreben, mit Freuden begrüssen.

Der Herausgeber glaubt aus dem gleichen Grunde im Interesse der Leser des Repertoriums zu handeln, wenn er im Folgenden eine Beschreibung der Lamont'schen Instrumente gibt, da dieselben, wiewohl mit ihnen bisher wohl die meisten genauen Beobachtungen angestellt worden sind[4]), keineswegs in dem Maasse bekannt zu sein scheinen, als sie dies in Wirklichkeit verdienen. Der Grund hievon liegt wohl darin, dass Lamont selbst zwar eine Beschreibung der Methoden[5]), nach denen er seine Messungen ausführte, aber nirgends eine detaillirte Beschreibung seines Theodolithen bekannt gemacht hat.

---

1) Band VII p. 199. VIII p. 308.

2) Band VIII p. 197.

3) Band VIII p. 351.

4) Siehe zum Belege dieses Satzes: Lamont. Magnetische Ortsbestimmungen im Königreiche Bayern. 2 Bde. — Lamont: Untersuchungen über die Richtung und Stärke des Erdmagnetismus im südwestlichen Europa. — Lamont: Untersuchungen über die Richtung und Stärke des Erdmagnetismus in Norddeutschland, Belgien, Holland, Dänemark. — Kreil: Magnetische und geographische Ortsbestimmungen in Böhmen und im österreichischen Kaiserstaat. 5 Bde. — Schenzl: Magnetische Ortsbestimmungen in Ungarn.

5) Ueber die Entstehung und Entwicklung von Lamont's Instrumenten findet man in folgenden Schriften desselben Mittheilungen: Ueber das magnetische Observatorium der k. Sternwarte bei München. 1841. — Annalen für Meteorologie und



Der Herausgeber hatte während seines mehrjährigen Aufenthaltes an der Münchener Sternwarte Gelegenheit, die bei den magnetischen Messungen daselbst in Anwendung gebrachten Methoden und Instrumente genau kennen zu lernen und verdankt auch der Güte Lamont's die Modelle und anderweitigen Hilfsmittel, um diese Instrumente in seiner Werkstätte genau nach den Intentionen ihres Erfinders ausführen zu können.

2. Das verbreitetste Instrument ist der magnetische Reisetheodolith, welcher auf Tafel IV—XI mit seinen Details — meist in natürlicher Grösse — dargestellt ist.

Derselbe besteht:

1) aus dem eigentlichen Theodolithen als Horizontalwinkel-Messinstrument;

2) aus den für die magnetischen Messungen nöthigen Aufsätzen;

3) aus den Hilfsinstrumenten für geographische Orts- und Zeitbestimmung.

3. Der Theodolith zum Messen der Horizontalwinkel (Fig. 1 und 2) unterscheidet sich von dem gewöhnlichen Theodolithen

a. durch seinen kreisförmigen massiven Fuss,

b. durch die Anwendung von micrometrischen Microscopen für die Subdivision der Theilungsintervalle,

c. durch das excentrisch aufgestellte Fernrohr.

4) Der kreisförmige Fuss F trägt an seinem Stande die drei Fussschrauben S, S, S mit den Versicherungsmuttern S', S', S'.

Mit dem Fusse F ist der getheilte Kreis K fest verbunden. Durch denselben und die mit dem Fusse F schon durch den Guss verbundene Büchse B geht die verticale Drehungsaxe hindurch, welche unten auf dem Gegendrucke G aufruht. Diese Achse trägt die Alhidade mit den beiden Ablesemicroscopen, welche die im zweiten Bande des Repertoriums pag. 53 beschriebene micrometrische Einrichtung besitzen.

Mit der Alhidade in fester Verbindung stehen die Lager L, L, welche die Achse AA tragen, deren Mitte einen durchbohrten Würfel

---

Erdmagnetismus. 2. Heft. — Bestimmung der Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus nach absolutem Maasse. — Resultate der magnetischen Beobachtungen während der dreijährigen Periode 1843. 1844. 1845. — Beschreibung der an der Münchener Sternwarte zu den Beobachtungen verwendeten neuen Instrumente und Apparate. — Handbuch des Erdmagnetismus. — IV. Supplementband zu den Annalen der Münchener Sternwarte.

C bildet, in welchem einerseits das Objectiv, andererseits das Rohr *T* mit dem Oculare des Beobachtungsfernrohres eingeschraubt ist. Die Achse *AA* wird durch den Druck einer starken Feder *R'* auf den Cubus *C* in den Lagern *L*, *L* gehalten; eine seitliche Verschiebung der Achse wird durch starke federnde Platten vermieden, welche an der Seite der Lager *LL* angeschraubt sind (Fig. 2a). Die Neigung des Fernrohres *T* kann vermittelst der Schraube *N* beliebig verändert werden.

Das Fernrohr trägt im Focus des Objectives einen verticalen Faden, hinter welchem (gegen die Ocularlinsen hin) ein Reflexionsprisma *q* steht, welches bis in die Hälfte des Gesichtsfeldes hineinreicht und durch die obere Hälfte des Fadens erleuchtet wird. Anstatt eines einzigen Fadens hat Lamont auch zwei parallele Fäden in Anwendung gebracht.

Die Büchse *B* der verticalen Drehungsaxe der Alhidade wird von dem Klemmringe *R* umschlossen, durch welchen die Klemmschraube *x* hindurchwirkt. Zur Herstellung der feinen Einstellung trägt dieser Klemmring vorne einen gabelförmigen Ansatz, in welchen der mit der Alhidade fest verbundene Stift *U* herabgeht, gegen den einerseits eine in der cylindrischen Kapsel *W* befindliche Spiralfeder, andererseits die Bewegungsschraube *V* einwirkt.

Die Alhidade trägt auch noch einen Index *i*, über welchem sich die an dem einen Microscopträger drehbar angebrachte Lupe *l* zum Ablesen der ganzen Theilungsintervalle (Grade) befindet. Der Anfang der Recher in den Microscopen muss selbstverständlich mit diesem Index in Uebereinstimmung gebracht sein.

Dem Kreise gibt Lamont eine Puncteintheilung, die Bezifferung derselben geht aber, da bei uns die Declination eine westliche ist, entgegengesetzt der gewöhnlichen Zählung, d. h. von Nord über West nach Süd und Ost.[1]) Aus diesem Grunde müssen die Micrometerschrauben an den Microscopen auch entgegengesetzt gestellt, so dass man sie mit der linken Hand führt, und die Theilung der Trommeln entsprechend beziffert werden.

Zu bemerken wäre noch, dass die Recher in den Microscopen eine kleine Verschiebung zulassen, um dieselben einander genau diametral gegenüber einstellen zu können.

(1 Durch ein Versehen des Lithographen ist in Figur 2 die Bezifferung der Theilung die gewöhnliche.



5. Auf dem im Vorstehenden beschriebenen Winkelmessinstrumente, bei welchem die Alhidade und damit die Kreisebene auf die gewöhnliche Weise mittelst einem Libelle horizontal gestellt wird, ist in Figg. 1 und 2 sogleich der Aufsatz *D* angebracht, welcher zum Messen der magnetischen Declination dient.

Zu diesem Behufe nimmt man aber in der Regel vorerst den Aufsatz *D* ab und stellt das Fernrohr *T* auf eine Mire ein, deren Azimuth bekannt ist. Ist eine solche Mire nicht vorhanden, so bestimmt man den astronomischen Meridian mittelst der Hilfsvorrichtungen, die unten §§ 10 und 11 beschrieben werden.

Sodann setzt man den Aufsatz *D* auf, dreht die Alhidade, bis der Faden und sein Bild sich im Gesichtsfelde des Fernrohres decken, und liest am Kreise den Stand des magnetischen Meridians ab.

6. Der Declinationsaufsatz (Figur 3, 4) besteht aus einer runden Bodenplatte *P*, auf welcher das Magnetgehäuse *D* festsitzt, das an den Seitenwänden durch Spiegelglasplatten, vorn aber an der unteren Hälfte durch ein Planparallelglas *p* geschlossen ist. Die obere Hälfte ist durch zwei Glaskapseln *K'*, *K'* geschlossen, welche in messingene Fassungen eingekittet und mittelst dieser in das Gehäuse *D* eingeschraubt sind. In diesen Kapseln befindet sich der Doppelmagnet *m*, *m* (in Figur 15 Tafel IX besonders dargestellt) und unten hinter dem Planparallelglase steht der daran befestigte Spiegel *s*.

Auf das Gehäuse *D* ist ein langes Messingrohr *Z* (Figur 1) aufgeschraubt, in welchem der Coconfaden herabgeht, woran der Magnet aufgehängt ist. Die Fadenaufhängung ist dieselbe, wie sie Figur 11 ersichtlich macht.

Damit während der Reise der Faden nicht reisst, kann der Magnet vermittelst einer Schraube, die durch die Bodenplatte *P* hindurch nach aufwärts gedreht werden kann, aber in der Figur weggelassen ist, in die Höhe geschoben und auf solche Weise festgestellt werden.

Der ganze Declinationsaufsatz wird mittelst der Schrauben *v*, *v* (Figg. 1 und 2) auf den Theodolithen aufgeschraubt. Durch die Alhidadenplatte desselben hindurch wird aber ein Stift *s'* durch die Feder *f* nach aufwärts gedrückt und man ist so immer im Stande, wenn die Alhidadenplatte horizontal gestellt ist, den Magnet mittelst der Schrauben *v*, *v* frei beweglich einzustellen.

Bei dieser Einrichtung ist vorausgesetzt, dass die Ebene des Spiegels *s* senkrecht auf der magnetischen Achse des Doppelmagneten steht.

Da nun der Magnet nicht umgelegt werden kann, so muss der Collimationsfehler an einem stabilen Observatorium durch Vergleichung mit einem absoluten Declinations-Instrumente, das in einer späteren Mittheilung beschrieben werden soll, ein für allemal bestimmt werden.

7. Zur Messung der Ablenkungen für die Bestimmung der Horizontal-Intensität wird auf das Magnetgehäuse *D* (Figg. 1 und 2) die im Ganzen 64 Centimenter lange Ablenkungsschiene aufgesetzt, deren Einrichtung aus Figg. 7 und 8 ersichtlich ist.

Der mitlere Rahmen *A* passt genau über den oberen Theil des Declinationsaufsatzes und kann mittelst der Schraube *S* festgeklemmt werden, so dass der Magnet *m* in die gleiche Höhe mit dem Declinationsmagneten zu stehen kommt. Damit dabei der Magnet *m* in constanter Distanz bleibe, hat derselbe in der Mitte ein Loch, welches über den runden Stift *a*, der aus die Schiene *S* hervorragt, gesteckt wird; eine Feder *f* drückt ihn an den Stift *a* an, so dass er stets in der gleichen Distanz eingestellt werden kann. Der Rahmen *A* trägt noch ein Rohr *F*, in das ein Thermometer eingesteckt wird, um auf die jeweilige Temperatur Rücksicht nehmen zu können.

Der Ablenkungsmagnet wird so eingestellt, dass einmal sein Nordpol, dann sein Südpol an der Feder *f* anliegt und zwar sowohl an der linken, als an der rechten Seite der Schiene. Jedesmal wird die Alhidade gedreht, bis Faden und Bild im Gesichtsfelde des Beobachtungsfernrohres coincidiren, und die zugehörige Ablesung am Kreise notirt.

8. Zur Beobachtung der Schwingungen für die Bestimmung der horizontalen Intensität dient das Schwingungskästchen, welches in Figg. 11 und 12 in halber Grösse dargestellt ist.

Der Ablenkungsmagnet *m*, *m* wird in der Mitte mit einem geeigneten Häckchen *h* versehen, das aber nicht direct an den Coconfaden, der sich in dem Rohre *Z* befindet, angehängt wird. An diesem Faden befindet sich vielmehr zunächst der Bügel (Fig. 11 a) und in diesen wird erst das Magnethäckchen *h* eingehängt. Durch den Bügel Fig. 11a geht ein Stift *a* hindurch, so dass der Magnet sich nicht über 180^0 drehen kann. Vor der Magnetspitze befindet sich auf dem Boden des Kästchens die Scala *s*, *s*, an welcher mit Hilfe eines Chronometers die Schwingungen mit freiem Auge beobachtet werden. Das Kästchen selbst ist von Holz und durch eine Glasplatte geschlossen, die in der Mitte ein Loch zur Aufnahme des Fadenrohres *Z* trägt.

Näheres über die Declinations- und Intensitäts-Bestimmungen findet sich im „Handbuch des Erdmagnetismus pag. 224 ff."

9. Will man Inclinations-Differenzen messen, so nimmt man die Ablenkungsschiene vom Declinationsaufsatze ab und setzt dafür den Ringträger auf, welchen Fig. 5 von der Seite gesehen, Fig. 6 von oben gesehen, darstellt. Der Rahmen R, der wieder über den oberen Theil des Declinationsaufsatzes passt und mittelst der Schraube S festgeklemmt werden kann, trägt die kreisförmige Platte M, die so ausgeschnitten ist (Fig. 6), dass sie über die Magnetkapseln K' k' (Fig. 4) weggeht. Diese Platte trägt auch das Rohr F zur Aufnahme eines Thermometers.

Auf die drei Stellschrauben P, P, P wird der Ring V (Figg. 9 und 10) aufgesetzt. Von diesem Ringe, der ebene Flächen und überall möglichst gleiche Dicke besitzen muss, gehen zwei Arme A und A' aus; der eine A nach aufwärts, der andere A' nach abwärts. An beide Arme werden cylinderische Stäbe von weichem Eisen, die in Messinghülsen eingeschlossen sind, mittelst der Klemmen K und K' festgeklemmt[1]) und das Ganze dann auf den Ringträger (Fig. 6) aufgesetzt. Dieser hat zwei Anschläge A und A', an welche die Arme A und A' (Figur 10) angelegt werden.

Durch den in den Eisenstäben von der Erde inducirten Magnetismus wird die Declinationsnadel abgelenkt und wieder die Alhidade des Theodolithen gedreht, bis im Fernrohre Faden und Fadenbild coindiciren, worauf die Kreisablesung vorgenommen wird.

Da die Induction im weichen Eisen von der Zeit abhängt, so muss man, um vergleichbare Messungen zu erhalten, jedesmal das gleiche Zeitintervall zwischen dem Aufsetzen der Eisenstäbe und der Einstellung des Fernrohres einhalten. Lamont wählt dazu das Intervall von 4 Minuten.

Wäre die Richtung des magnetischen Meridians bekannt und hätte man vollkommen weiche Eisenstäbe ohne permanenten Magnetismus, so würde eine einzige Einstellung zur Bestimmung der Inclinationsdifferenz genügen. Da diese Bedingungen in der Praxis nicht erfüllt werden, so muss man für acht verschiedene Lagen der Eisenstäbe die Einstellungen wiederholen.

---

1) In Figur 10 ist ein Versehen stehen geblieben, das leicht einzusehen ist. Das untere Ende des Stabes E sollte mit der Ebene rs, das obere Ende von E' mit der Ebene pq zusammenfallen.



Das Nähere hierüber findet sich in der „Beschreibung der an der Münchener Sternwarte zu den Beobachtungen verwendeten neuen Instrumente und Apparate, pag. 85 ff.“

10. Zur Beobachtung des Azimuths der Sonne kann mit dem Theodolithen auch ein kleines Passagen-Instrument (Figg. 13 und 14) verbunden werden.

Der gabelförmige Lagerständer *L*, *L* wird mittelst der Schraube *S* auf die Alhidade des Theodolithen aufgeschraubt. Das Uebrige ist aus den Figuren deutlich. *F* ist das Fernrohr, *A*, *A* die Drehungsachse desselben, *G* ein Gegengewicht, das zugleich zur Führung der Achse in den Lagern dient, *L* die Libelle. Das Fernrohr ist selbstverständlich mit einem Sonnenglase versehen. Die Correction der horizontalen Lage der Achse wird mittelst des Schraubens *r*, *r* bewerkstelligt.

11. Will man mit dem Theodolithen aber eine vollständige geographische Ortsbestimmung ausführen, so wird mit demselben der Höhenkreis verbunden, den Fig. 16 in horizontaler Projection, Fig. 17 in verticaler Projection senkrecht auf die Drehungsachse des Fernrohres zeigen.

Auf die Alhidade des Theodolithen wird der Lagerständer *ALL* aufgeschraubt. An diesem sind zwei Arme befestigt, durch welche die micrometrischen Ablese-Microscope *MM* hindurchgehen. In den Lagern bewegt sich die horizontale Drehungsachse *NN*, welche an einem Ende das Fernrohr *F* mit dem daran befestigten getheilten Kreise *K*, *K* trägt, während am anderen Ende das Gegengewicht *G*, die Klemmung *R* und die freie Bewegung *B* angebracht sind. Zur Ablesung der ganzen Theilungsintervalle dient der Index *i*, vor dem die Lupe *l* steht. Auf den Microscopträgern ist die Libelle *P* aufgesetzt.

Ueber die Beobachtung mit dem Passagen-Instrumente und dem Höhenkreise siehe die „Untersuchungen über die Richtung und Stärke des Erdmagnetismus im südwestlichen Europa pag. 25.“

In einer folgenden Mittheilung werden wir die Hilfsmittel beschreiben, welche Lamont zur absoluten Bestimmung der Declination und Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus in Anwendung gebracht hat.

Ueber die calorimetrischen Thermometer.

Von

Berthelot.

(D'Almeida Journal des Physique. Janvier 1873.)

In den letzten Jahren habe ich Gelegenheit gehabt, eine grosse Anzahl von calorimetrischen Versuchen auszuführen und dabei sowohl über die Vergleichung der Thermometer, als über die Bestimmung ihrer Constanten verschiedene Erfahrungen gesammelt, deren Veröffentlichung ich für nützlich erachte.

Diese Studien, die nach den Methoden von Regnault ausgeführt wurden, haben Resultate geliefert, welche in den meisten Puncten analog oder identisch mit denjenigen sind, welche in den Arbeiten des gelehrten Physikers und seiner Schüler vorkommen, worunter ich besonders der Abhandlung von Pierre (Annales de Chimie et de Physique, 3. serie, 1. V. pag. 427, 1842) hervorheben will. Wenn ich auf den Gegenstand zurückkomme, so geschieht dies nicht in der Absicht, neue Thatsachen festzustellen, sondern um Denjenigen einen Dienst zu erweisen, welche ähnliche Versuche anstellen wollen, und um dem competenten Publikum Thatsachen vorzuführen, welche in den letzten Jahren mehr als einmal vergessen oder missdeutet worden sind.

Ich will nun die Erfahrungen zusammenstellen, welche ich gesammelt habe über die Bestimmung des Nullpunctes, des Punctes 100 und des absoluten Werthes eines Grades, über die Veränderungen des Nullpunctes und des Werthes eines Grades, sowohl bei den Normal-Thermometern, deren Scala sich von 0 bis 100 Grad erstreckt, als auch bei den calorimetrischen Thermometern, deren Scala nur 30 und selbst 10 Grade umfasst; endlich über die Vergleichung der Thermometer unter sich und mit dem Luftthermometer etc.

1. Natur der Thermometer. — Ich habe zwei Arten von Thermometern angewendet: solche mit willkürlicher Scala, von Fastré construirt, und solche mit der hunderttheiligen Scala, ausgeführt von Baudin. Jede dieser Arten umfasst zwei Typen: Die Normalthermometer, welche von 0 bis 100 Grad gehen und den Werth des Grades fixiren, und die calorimetrischen Thermometer im eigentlichen Sinne, welche nur den Theil dieses Intervalles umfassen, der der gewöhnlichen Temperatur zunächst gelegen ist.

2. Punct 100. — Der Punct 100 wurde immer zuerst bestimmt mit dem Apparate von Regnault, wobei der Luftdruck in Rechnung gezogen und die Berechnung mit den Tafeln dieses Forschers, welche die Siedetemperatur für jeden Werth des Luftdruckes angeben, ausgeführt wurde.

Der oberste Stand der Thermometersäule ändert sich dabei merklich während des Verlaufes der Beobachtung, indem die Säule allmälig in Folge der Vergrösserung des Gefässes bis zu einer fixen Grenze herabsinkt, welche sie am Ende einer Viertelstunde oder gar einer halben Stunde erreicht. Diese Erscheinungen zeigen sich selbst bei Thermometern, die vor 10 Jahren construirt wurden, und kehren jedesmal wieder, wenn man das Thermometer auf 100 bringt, nachdem man dasselbe einige Monate lang bei der gewöhnlichen Temparatur aufbewahrt hat. Ich werde alsbald die Zahlen angeben, welche ich beobachtet habe.

3. Nullpunct. — Bei Bestimmung des Nullpunctes wurde das Thermometer in ein Gefäss gebracht, das unten mit Löchern versehen und mit fein zerstossenem Eisen gefüllt war. Man muss dabei das Thermometer in der Mitte des Gefässes und in einer bestimmten Tiefe aufstellen, so dass es von dem Schmelzwasser bespült wird, welches unten ausfliesst; dabei muss aber dieses Wasser von der Fläche an, wo es gebildet wird, noch durch eine hinreichend dicke Eisschicht fliessen, damit es auf Null erhalten wird. Diese Vorsichtsmaassregel ist von der grössten Wichtigkeit.

Die Normalthermometer besitzen im Allgemeinen zwei Nullpuncte. Der eine wird beobachtet mehrere Jahre nach der Construction an einem Instrumente, welches, nachdem es mehrere Male auf 100 Grad gebracht wurde, während einiger Monate sich in der gewöhnlichen Temperatur befand.

Der andere Nullpunct wird beobachtet, wenn man ein Thermometer, das soeben erst auf 100⁰ gebracht war, in schmelzendes Eis stellt. Er unterscheidet sich immer von dem vorhergehenden; im Allgemeinen beträgt der Unterschied mehrere Zehntel eines Grades. Dieser Nullpunct entspricht der neuen Capacität, welche das Gefäss bei 100 Grad erlangt, eine Capacität, welche während mehrerer Stunden stehen bleibt. Allmälig findet ein langsames Zurückgehen statt und das Thermometer kehrt wieder auf den anderen Nullpunct zurück.

4. Absoluter Werth eines Grades. — Wir wollen nur die Zahlen anführen, um die vorhergehenden Thatsachen festzustellen, und den wahren Werth eines Grades berechnen.

Nr. 314 Fastre, construirt im Jahre 1863.

1.) Punct 100 Grad, 18. Juni 1866 (Louguinine) 710,4⁰
Nullpunct nach dem Auskochen 40,5⁰
Werth eines Grades: 6,699 Theilstriche.

2.) Punct 100 Grad, 18. März 1869 (Louguinine) 712,65⁰
Nullpunct 42,45⁰
Werth eines Grades: 6,702 Theilstriche.

3.) 30. April 1869 (Berthelot)
Werth eines Grades: 6,698 Theilstriche.

4.) Punct 100 Grad, 25. Mai 1869 (Berthelot) . 711,9⁰
Nullpunct 42,0⁰
Werth eines Grades: 6,699 Theilstriche.

5.) Punct 100 Grad, Juli 1871 (Berthelot) . . 712,1⁰
Nullpunct 41,9⁰
Werth eines Grades: 6,702 Theilstriche.

6.) Punct 100 Grad, 4. Febr. 1872 (Mascart). . 712,7⁰
Nullpunct 43,0⁰
Werth eines Grades; 6,697 Theilstriche.

Diese Tabelle zeigt, dass der absolute Werth auf ein halbes Tausendtel etwa bekannt ist; wenn man das Mittel 6,699 annimmt, übersteigen die äussersten Abweichungen nicht ein Tausendtel.

5. Veränderungen des Nullpunctes. — Folgendes sind die Relativzahlen für die Veränderungen des Nullpunctes nach der Siedepunctsbestimmung:

April 1869 Nullpunct. 43,5 Theilstriche vorher,
41,5 „ nachher.

Juli 1871.	Nullpunct.	44,7	Theilstriche	vorher,
	„	41,9	„	nachher,
4. Febr. 1872 (Mascart)	„	44,5	„	vorher,
	„	43,0	„	nachher,
17. Febr. 1872	„	43,7	„	vorher,
	„	42,6	„	nachher.

Folgende Zahlen geben endlich die langsame Veränderung des Nullpunctes nach den Siedepunctsbestimmungen:

17. März 1869. Auf 100 Grad gebracht. Nachher	42,45	Theilstriche.
Einige Stunden nachher, neue Siedepunctsbestimmung. Nachher	42,46	„
Ruhe bis zum 30. April 1869	43,5	„
Neue Siedepunctsbestimmung. Nachher	41,5	„
Ruhe bis Juli 1871	44,7	„
Neue Siedepunctsbestimmung. Nachher	41,9	„
Zwei Tage später	43,2	„
Ruhe bis 4. Februar 1872	44,5	„
Nach der Siedepunctsbestimmung	43,0	„
Am 17. Februar	43,7	„
Nach der Siedepunctsbestimmung	42,6	„
Am 18. Februar	42,8	„

Die Variation des Nullpunctes vor und nach der Siedepunctsbestimmung geht bis 2,8 Theilstriche, d. h. bis auf $^4/_{10}$ eines Grades. Diese Zahlen entsprechen einer Vergrösserung des Gefässes nahe um $^1/_{16000}$. Dies ist die Grösse, um welche der Werth eines Grades am Normal-Thermometer während der Aufbewahrung schwankt von dem Momente an, wo es auf 100 Grad gebracht wurde. Allein dieser Werth würde sich noch viel mehr ändern und man erhielte einen Fehler von $^1/_{250}$, wenn man den Nullpunct des Instrumentes vor der Siedepunctsbestimmung ermittelte, oder wenn man die Temperatur von 100 Grad nicht eine hinreichende Zeit anhalten lassen würde, bis das Glas seinen Gleichgewichtszustand angenommen hat. Dieser Zustand selbst ist nicht absolut bestimmt, allein die Aenderungen schwanken nicht über $^1/_{1000}$ nach beiden Seiten vom Mittel für Nr. 314, das im Jahre 1862 fabricirt wurde. Ein neues Thermometer würde grössere Schwankungen zeigen. Dies sind die Resultate für das Thermometer Nr. 314 mit willkürlicher Scale.

6. Vergleichung der Thermometer. — Die Vergleichung gab folgende Resultate. Geben wir zuerst die Untersuchung von Nr. 3370 (Baudin) mit Centesimalscala.

1) Punct 100 Grad. Juli 1871 (Berthelot) . . . . 99°,62
Nullpunct . . . . — 0,40
Werth eines Grades . . . . . 1,0002 Theilstriche

2) 4. Februar 1872 (Mascart) 99,67
Nullpunct . . . . — 0,30
Werth eines Grades . . . . . 0,9997 Theilstriche

3) 17. Februar 1872 (Mascart) 99,61
Nullpunct . . . . — 0,32
Werth eines Grades . . . . . 0,9993 Theilstriche.

Der mittlere Werth 0,9997 Theilstriche entfernt sich um nicht mehr als 1/5 von einem Tausendtel von den extremen Werthen, wie bei Nr. 314.

Dasselbe Thermometer Nr. 3370 gab die Nullpuncte:

Juli 1871.	Vor der Siedepunctsbestimmung		+ 0°,00
„ „	Nach „	„	— 0,40
Februar 1872.	Vor „	„	+ 0,02
„ „	Nach „	„	— 0,30

Die Aenderungen des Nullpunctes sind von der gleichen Ordnung, wie bei Nr. 314. Ich glaubte diese beiden Thermometer auch noch für zwischenliegende Puncte untereinander vergleichen zu müssen, um mich von der Regelmässigkeit ihres Ganges zu überzeugen. Diese Operation wurde mit Hilfe des Comparators von Regnault ausgeführt, eines weiten, mit Wasser gefüllten Cylinders, dessen Temperatur von Minute zu Minute einige Zeit hindurch mit den verglichenen Thermometern beobachtet wurde. Sodann wurde das Mittel aus den Beobachtungen für jedes Thermometer genommen. Ich habe gefunden:

Nr. 314 . . . . 20°,64
Nr. 3370 20,635

Bei zwei anderen Strichen fand Mascart:

Nr. 314	41°,58 .	30°,12
Nr. 3370	41,58 .	30,11
Nr. 447 vom physikalischen Cabinete .	41,55 .	30,06

7. Vergleichung mit dem Luftthermometer. — Mascart hat auch die Güte gehabt, das Normalthermometer 3370 mit einem

Luftthermometer zu vergleichen, welches er für seine Untersuchungen im physikalischen Cabinet des Collège de France construirt hatte. Er hat gefunden:

Nr. 3370	43°,58
Luftthermometer	43,64

Ich gebe diese Zahl, da sie als Berichtigung der Discussion dienen kann, die Bosscha über die Vergleichung des Quecksilberthermometers mit dem Luftthermometer angestellt hat. Man sieht, dass für Nr. 3370 die Abweichung, anstatt auf nahe einen halben Grad zu gehen, wie es aus den Curven des holländischen Gelehrten folgen sollte, nur zu 0°,06 gefunden wurde. Die Beschaffenheit des Glases wird wohl an dieser geringen Uebereinstimmung theilweise Schuld tragen.

So verhalten sich die Normalthermometer; allein diese Instrumente zeigen nicht Bruchtheile eines Grades an, die für calorimetrische Studien hinreichend klein sind. Ich habe verschiedene Thermometer angewendet, die nur einen beschränkten Theil der Scala umfasssen und davon sowohl den Werth eines Grades in Wasser, als auch den absoluten Werth eines Grades bestimmt.

8. **Werth im Wasser für die calorimetrischen Thermometer.** — Nr. 396 Fastré mit willkürlicher Scala von 540 Theilstrichen.

Das Gewicht des Quecksilbers ist gleich . .	18gr,003
auf Wasser bezogen	0,60
Das Gewicht des Gefässes ist	3,075
auf Wasser bezogen	0,61
Das Gewicht der Röhre ist	21,209
auf Wasser bezogen	4,24

Dieses Instrument hat also einen Gradewerth in Wasser, wenn es bis zum Theilstriche n eingetaucht ist:

$$1^{gr},21 + 0,008\ n$$

Die Kenntniss dieser Zahl gestattet das Thermometer mit Sicherheit bei den Versuchen anzuwenden.

9. **Absoluter Gradwerth dieser Thermometer.** — Am 24. Juli 1871 habe ich den Nullpunct bei 49,05 Theilstrichen gefunden und durch Vergleichung mit dem Normalthermometer:

18°,41 bei 322,02 Theilstrichen,

woraus sich der Werth eines Grades ergiebt:

14,827 Theilstriche.

Eine zweite Bestimmung, bei 20°,603 angestellt, hat ergeben 14,806 Theilstriche:

Der mittlere Werth ist 14,876 Theilstriche.

Am 25. Mai 1869 hat Longuinine gefunden 14,809 Theilstriche.

Diese Zahlen stimmen auf $^1/_{2000}$, wobei die extreme Abweichung $^1/_{1500}$ ist; es sind dies dieselben Genauigkeitsgrenzen, wie bei den Normalthermometern.

Das Thermometer umfasst ein Intervall von 33 Graden; die Ablesung giebt $^1/_{150}$ eines Grades an, allein dazu ist die Anwendung eines Fernrohres erforderlich.

Ein anderes Thermometer mit willkürlicher Scala (Nr. 397) hat für den absoluten Werth eines Grades ergeben:

im Jahre 1869 . . . . . 19,754 Theilstriche,
„ „ 1872 . . . . . . 19,764 „

In Wasser betrug der Werth eines Grades:

$$1^{gr},39 + (0,0066)\ n$$

und es gestattete, $^1/_{200}$ Grad zu messen.

Ich habe sehr häufig ein Thermometer Baudin (Nr. 3239) mit Centesimalscala angewendet, das nach meinen Angaben construirt wurde und nur ein Intervall von 10 Graden umfasst. Es ist in Fünfzigstel eines Grades getheilt und das blosse Auge schätzt leicht $^1/_{200}$, wenn man vorsichtig den Fehler der Parallaxe vermeidet. Man könnte mit einem Fernrohr ein Tausendtel eines Grades ablesen, wiewohl ich eine solche Ablesung für illusorisch halte, weil die Glasgefässe sich nicht vollständig continuirlich, sondern in kleinen Oscillationen ausdehnen.

Dieses Instrument gab in Wasser

$$1^{gr},50 + 0,091\ l,$$

wo l die Länge des eingetauchten Theiles der Röhre in Centimetern bezeichnet. Es ist sehr empfindlich und hat keine sehr grosse Masse, wie dies obige Zahlen zeigen; es nimmt in weniger als einer Viertelstunde die Temperatur einer Flüssigkeit an, in die es gebracht wird, wofern nur die Differenz der Temperaturen 2 Grad nicht übersteigt.

Mit dem Normalthermometer verglichen, hat es die folgenden Resultate ergeben:

Normalthermometer:	Nr. 3239:
12°,81	12°,73
20,64	20,56
Intervall 7,83	7,83

Die Eintheilung ist also genau; allein die von Nr. 3239 angegebenen absoluten Temperaturen müssen um + 0,08 corrigirt werden.

Dies sind die hauptsächlichsten Typen von Thermometern, deren ich mich bei meinen Untersuchungen bedient habe.

55

Ueber den electrischen Widerstand der Metalle.

Von

Benoit.

(Comptes rendus 1873 Nr. 6.)

Es ist längst bekannt, dass der electrische Widerstand der Metalle zunimmt, wenn ihre Temperatur eine höhere wird. Diese Zunahme wurde bis zu 100 Grad von Becquerel und Matthiessen gemessen und bis zu 200 Grad für einige Metalle von Lenz und neuerdings von Arndtsen. Ich habe mir vorgesetzt, die Veränderung noch über diese Grenzen hinaus zu verfolgen, und die Zunahme des spezifischen Widerstandes bis zu sehr hohen Temperaturen zu bestimmen.

Nennen wir x den spezifischen Widerstand des Metalles, d. h. seinen Widerstand für die Längeneinheit und die Einheit des Querschnittes, so wird der Widerstand eines Drahtes aus diesem Metalle von der Länge l und dem Querschnitte s nach den Gesetzen von Davy

$$R = x \frac{l}{s}$$

oder wenn man s durch seinen Werth als Function des Volumens V, des Gewichtes P und der Dichte D dieses Drahtes ersetzt

$$R = \frac{x l^2}{V} = \frac{x D l^2}{P}.$$

Sind D, P und l bekannt und bestimmt man R bei t Grad, so kann man aus dieser letzteren Relation den Werth des specifischen Widerstandes bei dieser Temperatur herleiten.

Um R zu messen, habe ich vorzugsweise die Methode mit dem Differentialgalvanometer von Becquerel angewendet. Der von zwei Daniell'schen Elementen erzeugte Strom wurde in zwei Theile getheilt, welche in entgegengesetzter Richtung durch die beiden Drähte

des sehr empfindlichen Differentialgalvanometers hindurchgingen. In dem einen der Schliessungskreise war der zu untersuchende Draht eingeschaltet, in den anderen eine Drahtlänge eines Rheostaten, dessen Widerstand aequivalent war, wenn sich die Nadel auf Null einstellte. Die Widerstände $R, R_{,}$ . . . der verschiedenen dem Versuche unterworfenen Drähte waren proportional den Längen $l, l_{,}$ . . des Rheostatendrahtes, welche dazu gedient hatten, sie zu messen; und um diese Widerstände als Functionen der gegebenen Einheit auszudrücken, reichte es hin, ein für allemal das Verhältniss des Rheostatdrahtes selbst zu dieser Einheit zu bestimmen. Das Rheostat war einfach aus zwei identischen, sehr regelmässigen Platindrähten gebildet, welche parallel auf eine horizontale Schiene von zwei Meter Länge aufgespannt waren. Diese Drähte gingen durch ein Quecksilbernäpfchen hindurch, das von einem Schieber getragen wurde, der die Schiene entlang verschoben werden konnte. Der Strom trat durch den ersten Draht ein, ging durch das Quecksilber auf den zweiten Draht über und trat durch diesen aus. Die Schiene trug eine in Millimeter getheilte Scale und wenn man den Läufer um n Theilstriche vorrückte, so vermehrte oder verminderte man die Länge des Schliessungskreises um den Werth $2n$. Ich will nicht länger bei den Details, die eine sehr grosse Präzision zulassen, sowie bei den Verificationen verweilen, welche ich an der Methode und dem Apparate angebracht habe.

Der zu untersuchende Draht wurde an jedem Ende an einen Kupferstift angelöthet, sodann auf einen Cylinder von Pfeifenerde aufgerollt und endlich in einer geraden und tiefen Muffel erhitzt, welche die Achse einer grossen Flasche von Schmiedeeisen bildete. Diese Flasche wurde in einen Gasofen mit zwei concentrischen Umhüllungen eingesetzt; führte man nun eine geeignet gewählte flüchtige Substanz ein und erhitzte bis zum Sieden, so würde der ganze Apparat und also auch der Draht selbst auf eine fixe und bekannte Temperatur gebracht.

Bestimmte man so die Widerstände desselben Metalles, das successive auf verschiedene bekannte Temperaturen gebracht war, so erhielt man eine gewisse Zahl von Puncten, welche gestatteten, die Widerstandscurve zu construiren, und daraus die Elemente zu berechnen.

Die fixen Temperaturen, die bei meinen Versuchen benützt wurden, sind die folgenden:



Temperatur während des Versuches.

Sieden von Wasser	. . . .	100°
„ „ Quecksilber	. . . .	360
„ „ Schwefel	. . . .	440
„ „ Cadmium	. . . .	860

Ich habe ausserdem noch eine grosse Anzahl von Messungen unter 360 Grad ausgeführt, wobei der Apparat mit Quecksilber gefüllt war und durch einen regelmässigen Gasstrom erwärmt wurde; die Temperatur wurde durch Thermometer angezeigt, welche in die Muffel in verschiedenen Tiefen eingesenkt waren.

Die durch die angegebene Methode erhaltenen Resultate wurden durch einige Bestimmungen controlirt und bestätigt, welche nach der Methode der Wheatstone'schen Brücke mit Hilfe eines Widerstandskastens angestellt wurden, der ähnlich den in der Telegraphie angewendeten war.

Die folgenden Tabellen enthalten die Resultate dieser Arbeit.

In der ersten Tabelle sind die specifischen Widerstände bei Null Grad ausgedrückt in den beiden Einheiten, welche gegenwärtig gewöhnlich angewendet werden, nämlich die theoretische absolute Einheit oder das Ohmad, das von der britischen Association vorgeschlagen wurde, und die von Werner Siemens eingeführte Quecksilbereinheit. Die dritte Columne gibt die Zahlen für das Leitungsvermögen in Bezug auf das Silber, um diese Resultate mit den allgemein bekannten Zahlen von Becquerel, Lenz, Mathiessen etc. vergleichen zu können.

Die zweite Tabelle gibt die Formeln für die Zunahme des Widerstandes mit der Temperatur. Diese Zunahme findet regelmässig bis zum Schmelzpuncte nach den Ordinaten einer Curve statt, deren Abscisse die entsprechenden Temperaturen repräsentiren, und die im Allgemeinen wenig von einer geraden Linie verschieden ist.

Bezieht man die Widerstände auf den Widerstand bei Null Grad, so kann man sie ausdrücken durch eine Gleichung von der Form:

$$R_t = R_0 \, (1 + at + bt^2).$$

Die Constanten a und b wurden nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet.

Die Zunahme ist bei den einzelnen Metallen verschieden. Beim Stahl und Eisen ist der anfängliche Widerstand der doppelte von dem bei 170 Grad; beim Silber, Kupfer, Gold von dem bei 255 Grad, beim Platin von dem bei 455 Grad. Bei den Legirungen ist die Zunahme

im Allgemeinen geringer; beim Neusilber z. B. wurde der Widerstand bei 860 Grad nur um 0,3 seines Werthes bei Null Grad vermehrt. Die Zahlen dieser Tabelle drücken die Variation des specifischen Widerstandes aus, wobei also der Widerstand immer auf die Einheit der Länge und des Querschnittes bezogen ist; will man sie anwenden, um den Widerstand bei t^0 für einen gegebenen Draht zu berechnen, dessen Widerstand bei Null Grad bekannt ist, so hat man den Einfluss der Aenderungen der Dimensionen dieses Drahtes in Rechnung zu bringen, d. h. man muss den erhaltenen Widerstand mit $\frac{1}{1 + \delta t}$ multipliciren, wobei δ den Ausdehnungscoëfficienten bezeichnet. Diese Correction darf nicht vernachlässigt werden, wenn die Temperatur gewisse Grenzen übersteigt.

Specifische Widerstände der Metalle bei Null Grad.

	Widerstand bei 1 Meter Länge und 1 Quadratmillimeter Querschnitt		Leitungsvermögen, bezogen auf das Silber.
	in Ohmaden.	in Siemens Einheiten.	
Reines Silber, ausgeglüht	0,0154	0,0161	100
Kupfer, ausgeglüht	0,0171	0,0179	90
Silber (750/1000), ausgeglüht . .	0,0193	0,0201	80
Reines Gold, geglüht	0,0217	0,0227	71
Aluminium, geglüht	0,0309	0,0324	49,7
Magnesium, gehämmert	0,0423	0,0443	36,4
Reines Zink, geglüht bei 350° .	0,0565	0,0591	27,5
Reines Zink, gehämmert	0,0594	0,0621	25,9
Reines Cadmium, gehämmert . .	0,0685	0,0716	22,5
Messing, geglüht	0,0691	0,0723	22,3
Stahl, geglüht	0,1099	0,1149	14,0
Reines Zinn	0,1161	0,1214	13,3
Aluminium-Bronze, geglüht . .	0,1189	0,1243	13,0
Eisen, geglüht	0,1216	0,1272	12,7
Palladium, geglüht	0,1384	0,1447	11,1
Platin geglüht	0,1575	0,1647	9,77
Thallium	0,1831	0,1914	8,41
Reines Blei	0,1985	0,2075	7,76
Neusilber, geglüht	0,2054	0,2775	5,80
Reines Quecksilber	0,9564	1,0000	1,61

Variation des Widerstandes mit der Temperatur.

Stahl	$R_t = R_0\,(1 + 0{,}004978\,t + 0{,}000007351\,t^2)$
Eisen	$= R_0\,(1 + 0{,}004516\,t + 0{,}000005828\,t^2)$
Zinn	$= R_0\,(1 + 0{,}004028\,t + 0{,}000005826\,t^2)$
Thallium	$= R_0\,(1 + 0{,}004125\,t + 0{,}000003488\,t^2)$
Cadmium	$= R_0\,(1 + 0{,}004264\,t + 0{,}000001765\,t^2)$
Zink	$= R_0\,(1 + 0{,}004192\,t + 0{,}000001481\,t^2)$
Blei	$= R_0\,(1 + 0{,}003954\,t + 0{,}000001430\,t^2)$
Aluminium	$= R_0\,(1 + 0{,}003876\,t + 0{,}000001320\,t^2)$
Silber	$= R_0\,(1 + 0{,}003972\,t + 0{,}000000687\,t^2)$
Magnesium	$= R_0\,(1 + 0{,}003870\,t + 0{,}000000863\,t^2)$
Kupfer	$= R_0\,(1 + 0{,}003637\,t + 0{,}000000587\,t^2)$
Gold	$= R_0\,(1 + 0{,}003678\,t + 0{,}000000426\,t^2)$
Silber ($^{725}/_{1000}$)	$= R_0\,(1 + 0{,}003522\,t + 0{,}000000667\,t^2)$
Palladium	$= R_0\,(1 + 0{,}002787\,t - 0{,}000000611\,t^2)$
Platin	$= R_0\,(1 + 0{,}002454\,t - 0{,}000000594\,t^2)$
Messing	$= R_0\,(1 + 0{,}001599\,t)$
Aluminium-Bronze . . .	$= R_0\,(1 + 0{,}001020\,t)$
Neusilber	$= R_0\,(1 + 0{,}000356\,t)$
Quecksilber	$= R_0\,(1 + 0{,}000882\,t + 0{,}000001140\,t^2)$

Kleinere Mittheilungen.

Ein einfacher Phonautograph.

Von Houstow.

(Les Mondes 30. Janvier 1873.)

Man kann eine jede der Schwingungen, die bei einem musikalischen Tone erzeugt werden, so registriren, dass sie von einem ziemlich zahlreichen Auditorium wahrgenommen werden, und hat dazu keinen anderen Apparat nöthig, als ein Stück Kreide und eine gewöhnliche schwarze Tafel.

Jedermann kennt den durchdringenden und unangenehmen Ton, den man wahrnimmt, wenn man einen Stift von Kreide oder Schiefer über eine Schiefertafel rasch hingleiten lässt. Dieser Ton wird hervorgebracht, wenn der Contact zwischen dem Stifte und der Schiefertafel kein continuirlicher ist. Jedesmal wenn der Stift die Schiefertafel berührt, wird ein leichter Schlag erzeugt und indem diese Schläge rasch aufeinander folgen, wird ein mehr oder weniger musikalischer Ton erzeugt.

Man kann diese Schläge auf folgende Weise ablesbar registriren. Man hält in der Hand an einem Ende, ohne ihn zu drücken, einen gewöhnlichen Kreidestift, man neigt ihn so, dass das andere Ende mit der Oberfläche einer schwarzen Tafel einen Winkel von etwa 30 Graden einschliesst. Legt man nun den Stift unter dem spitzen Winkel auf, so wird er rasch vibriren, und indem er dabei die Tafel in nahe gleichen Intervallen trifft, einen musikalischen Ton erzeugen. In jedem Momente wird eine sichtbare Marke auf der Tafel entstehen. Versetzt man dabei den Stift in eine gleichförmige Bewegung, so bleibt die Höhe des Tones ganz constant und es kann so die Anzahl Schwingungen, welche einer besonderen Note entspricht, mit Leichtigkeit genau

constatirt werden, indem man die auf der Tafel in einer gegebenen Zeit gebildeten Marken zählt.

Hat sich der Experimentator ein wenig geübt, so wird er leicht diese Wirkungen zu erzeugen im Stande sein. Man kann beliebig die Höhe des Tones variiren, wenn man die Neigung und den Druck verändert, und das Auditorium kann die Ursache der Veränderungen bei den verschiedenen hohen Noten sehen.

In vielen Fällen wird man, wenn man die Marken näher betrachtet, wahrnehmen, dass eine jede von ihnen von zwei oder mehreren getrennten Marken gebildet wird, wovon im Allgemeinen eine mehr hervortreten wird, als die übrigen. Die erstere entspricht dem Grundtone, die übrigen den Obertönen, und man hat so eine sichtbare Darstellung der Ursache, welche die verschiedene Klangfarbe bei gleich hohen Tönen erzeugt.

Bei längerer Uebung kann man die Aenderungen in der Höhe der Töne mit solcher Leichtigkeit erhalten, dass man selbst eine Melodie durch die Tafel singen lassen kann, und man erhält dann eine Analyse der einzelnen Töne.

Magnetische Beobachtungen in Prag.

Die Sternwarte in Prag ist eines der wenigen Observatorien, welche seit dem Jahre 1839 eine fortlaufende Beobachtungsreihe der magnenetischen Variationen geliefert haben. Die magnetischen Einrichtungen wurden ursprünglich von Kreil getroffen, der sich schon vorher in Mailand mit Erfolg mit magnetischen Beobachtungen beschäftigt hatte. Der Nachfolger Kreil's, Director Böhm, setzte die Beobachtungen fort und der jetzige Director, Professor Hornstein, zeigt in den uns vorliegenden Bänden der „Magnetischen und Meteorologischen Beobachtungen auf der k. k. Sternwarte in Prag in den Jahren 1870 und 1871 (31. und 32. Jahrgang)", dass gegenwärtig in Prag den magnetischen Beobachtungen eine ganz besondere Sorgfalt zugewendet wird. Namentlich ist hervorzuheben, dass eine genügende Anzahl absoluter Bestimmungen ausgeführt wurde. Herr Hornstein ist soeben damit beschäftigt, das Observatorium mit neuen Instrumenten Lamont'scher Construction, sowohl für die Variations-Beobachtungen als für die absoluten Bestimmungen einzurichten.

Sowohl die magnetischen als die meteorologischen Beobachtungen sind wie in den früheren Jahrgängen in extenso publicirt. Die Einleitung gibt eine ausführliche Erörterung der verwendeten Instrumente und Methoden, sowie der aus den Beobachtungen abgeleiteten Resultate. Indem wir bezüglich der Details auf die Publikation selbst verweisen, fügen wir für unsere Leser nur noch eine kurze Zusammenstellung der Monatmittel der Elemente der erdmagnetischen Kraft in den Jahren 1870 und 1871 bei.

	Declination	Inclination	Horizontale Intensität	Totalkraft
1870.				
Januar	12° 3',79	65° 14',31	1,9325	4,6139
Februar	2,70	14,09	304	083
März	1,74	14,43	353	209
April	1,83	14,59	375	267
Mai	2,50	14,03	393	293
Juni	1,59	13,51	390	271
Juli	11° 59,78	13,39	382	249
August	59,73	13,69	354	190
September	58,98	13,89	337	155
October	58,44	13,78	353	190
November	59,57	13,61	401	299
Dezember	12° 0,25	13,70	326	123
Jahr	12° 0,91	65° 13,92	1,9358	4,6206
1871.				
Januar	11° 57,40	65° 12,34	1,9315	4,6059
Februar	56,84	12,76	318	078
März	56,10	13,00	392	260
April	54,95	12,56	443	370
Mai	55,45	12,21	423	313
Juni	54,82	12,35	376	203
Juli	55,41	12,80	376	217
August	54,08	12,73	348	149
September	53,13	12,28	337	109
October	51,03	12,09	402	258
November	49,66	12,30	362	169
Dezember	52,14	12,04	347	126
Jahr	11° 54,20	65° 12,46	1,9370	4,6193

Magnetische Ortsbestimmungen im östlichen Frankreich.

Von Perry.

Station	Breite	Länge von Paris + Ost, — West	Datum der Beobachtung 1869	Inclination	Horizontal-Intensität	Total-Intensität	Declination
Vaugirard	48° 50′	— 0h 3m	Aug. 6. 7.	65° 49′	4,123	10,067	—
Rheims	49 15	+ 1 42	Aug. 10.	65 54	4,120	10,091	16° 37′
Metz	49 7	+ 3 50	Aug. 12.	65 26	4,157	9,996	15 52
Strassburg	48 35	+ 5 25	Aug. 14. 15.	64 39	4,253	9,935	15 28
Jssenheim	48 1	+ 4 57	Aug. 17.	64 34	4,274	9,953	15 41
Mont Rollard	47 9	+ 3 9	Aug. 19.	64 13	4,332	9,963	—
Dôle	47 6	+ 3 10	Aug. 19. 20.	64 11	4,323	9,925	15 59
Dijon	47 19	+ 2 42	Aug. 21.	64 22	4,297	9,936	16 30
Lyons	45 46	+ 2 29	Aug. 23.	63 14	4,449	9,878	—
Avignon	43 57	+ 2 28	Aug. 25.	61 48	4,625	9,790	15 56
Marseille	43 18	+ 3 3	Aug. 27.	60 32	4,724	9,605	15 34
Monaco	43 43	+ 5 5	Aug. 29.	61 20	4,660	9,714	14 25
Montpellier	43 37	+ 1 33	Aug. 31.	61 35	4,639	9,746	16 26
Grenoble	45 11	+ 3 24	Sept. 3.	62 52	4,435	9,725	15 42
N. D. de Myans	45 31	+ 3 39	Sept. 4.	62 50	4,485	9,824	15 4
Mongré	45 59	+ 2 22	Sept. 7.	63 28	4,414	9,880	16 50
St. Etienne	45 26	+ 2 3	Sept. 8. 9.	63 2	4,464	9,842	14 48
Clermont	45 47	+ 0 45	Sept. 10. 11.	63 34	4,404	9,896	16 20
Moulins	46 34	+ 1 1	Sept. 12.	64 3	4,339	9,913	16 22
Vaugirard	48 50	— 0 3	Sept. 14.	65 59	4,113	10,043	17 8
Douay	50 22	+ 0 45	Sept. 17.	66 45	3,996	10,123	17 52
Boulogne	50 44	— 0 44	Sept. 19. 20.	67 5	3,949	10,143	18 6

Die Intensität ist in englischen Einheiten gegeben.

---

v. Lang. Ueber die Genauigkeit der Tiefenmessungen im Microscope.

Herr Professor v. Lang hielt über vorliegenden Gegenstand in der Wi ner Academie einen Vortrag, worüber der Academische Anzeiger (1872 Nr. XXVIII) folgenden Bericht gibt:

Veranlasst wurde diese Untersuchung durch die Verhandlungen der internationalen Meter-Commission, zu welcher der Vortragende auf Vorschlag der kais. Academie von Sr. Excellenz dem Herrn Handelsminister delegirt worden war. Unter günstiger Beleuchtung

zeigen sich nämlich an den Erdflächen des Meter „des Archives" verschiedenartige Eindrücke, von denen constatirt werden sollte, ob ihr Betrag die Fehlergrenze der Längenvergleichungen übersteigt. Prof. Lang schlug nun vor, diese Messungen durch ein zu den Endflächen senkrecht gerichtetes Microscop auszuführen, wobei für die Beleuchtung durch eine in den Tubus eingeschaltete parallele Glasplatte gesorgt werden sollte. In der That zeigte sich bei einem an einem Merz'schen Microscope ausgeführten Versuche, dass auf diese Weise selbst für die stärksten Vergrösserungen eine genügende Beleuchtung erzielt werden könne. Es dürfte sich überhaupt eine solche Glasplatte, die in einer kurzen Fassung sich an verschiedene Stellen des Microscop-Tubus einschrauben lässt, sehr nützlich zur Untersuchung opaker Gegenstände erweisen.

Es blieb aber noch übrig, den Grad der Genauigkeit zu erforschen, mit welchem das so vorgerichtete Microscop auf eine Platinfläche eingestellt werden kann. Bei diesen Versuchen wurde die Stellung des Microscopes an einem daneben aufgestellten Kathetometer von einem Gehilfen beobachtet; zur Fixirung des Accomodationszustandes des Auges aber wurde in die Brennebene des Microscop-Oculars ein feines Glasgitter gelegt. Auf diese Weise ergab sich aus verschiedenen Beobachtungsreihen als wahrscheinlicher Fehler einer einzelnen Beobachtung immer nahezu 0.0005 Millimeter oder ein halbes Mikron.

Störend war bei diesen Versuchen nur der ungeheure Einfluss von Temperaturschwankungen auf das Kathetometer, welche durch ein eigenthümliches Interpolationsverfahren eliminirt werden mussten. Prof. Lang liess daher durch den Mechaniker R. Winkel in Göttingen ein neues Microscop mit sehr sorgfältig gearbeiteter Micrometerschraube herstellen und hofft mit diesem Instrumente die früher gefundenen Resultate zu bestätigen und vielleicht noch zu übertreffen.

65

Ueber eine einfache Vorrichtung die Abweichungen einer Galvanometernadel auf einem Schirm vergrössert sichtbar zu machen.

Von

Dr. Alfred M. Mayer,

Professor der Physik am Stevens Institute of Technology, Hoboken, New Jersey, Ver. St. A.

(Hiezu Tafel XIV. Fig. 2.)

Die Aufgabe, auf einem Schirm die vergrösserten Abweichungen einer Galvanometernadel zu veranschaulichen, ist bereits von verschiedenen Physikern in Angriff genommen worden. Dieselbe ist augenscheinlich von grosser Bedeutung. Bei genauen Untersuchungen ist es öfters nöthig, dass sich der Beobachter von dem Instrumente entferne, während er demungeachtet gezwungen ist, auf die kleinsten Abweichungen Achtung zu geben. In den Vorlesungen an unseren Collegien müssen häufig viele der interessantesten und wichtigsten Erscheinungen der Wärme, der Electricität und des Magnetismus ohne Experiment bleiben, oder sie werden uns mangelhaft veranschaulicht, weil es an einem Instrument fehlt, das sich irgend Jemand mit geringer Mühe und unbeträchtlichen Kosten anfertigen kann. Die Aufgabe, ein solches zu erfinden, ist desshalb der Aufmerksamkeit der eminentesten Forscher nicht unwürdig; und wenn auch manche dergleichen Vorrichtungen für unbedeutend halten, glaube ich, dass sich dieselben wohl eines Anderen besinnen würden, wenn sie an fortgesetzte Originaluntersuchungen gewöhnt und darauf besorgt wären zu ihren Studenten in der Sprache der Natur zu reden und denselben die Erscheinungen, welche die Grundlage aller wissenschaftlichen Folgerungen bilden, lebhaft vorzuführen.

Die Poggendorff'sche Vorrichtung, die Abweichungen der Galvanometernadel dadurch zu messen, dass man auf einen Schirm einen Lichtstrahl mittelst eines kleinen an der Magnetnadel angebrachten

Spiegels wirft, ist seit Jahren im Gebrauch. Sir William Thomson und Professor Tyndall haben damit ausgedehnte Versuche angestellt. Diese Vorrichtung hat den Vortheil, dass der reflectirte Lichtstrahl die doppelte Winkelbewegung des an der Nadel befestigten Spiegels erhält. Neuerdings hat Dr. Tyndall ein Instrument nach dem Princip des Megascops erfunden. Das Licht einer electrischen Lampe wird senkrecht auf die Galvanometernadel geworfen und sodann mittelst einer Linse und eines Spiegels vergrössert auf einen Schirm reflectirt.

Im achten Bande dieses Repertoriums S. 133 veröffentlichte ich die Beschreibung „Eines neuen Galvanometers." Obgleich das darin beschriebene Instrument Vortreffliches leistet, besonders in den Versuchen, für die es speciell bestimmt ist, so hat es doch den Nachtheil, dass es nicht so leicht herzustellen und nicht von so allgemeiner Nützlichkeit ist wie der einfache Apparat, welchen ich jetzt beschreiben werde.

G ist die Glasglocke des Galvanometers, worauf bei g senkrechte Gradabtheilungen mit Tusch gezeichnet sind. A ist ein Stück Aluminium-Draht. Am unteren Ende desselben sind die Galvanometernadeln angebracht und im oberen Ende befindet sich ein feines Loch, so dass man das Ganze mittelst eines Seidenfadens aufhängen kann. Ein feiner Draht von Neusilber w ist rechtwinklig am Aluminium-Draht befestigt und die Enden desselben sind parallel mit letzterem gebogen. Der horizontale Draht dreht sich um den senkrechten und kann daher in irgend einen Azimuth gebracht werden. An einem der gebogenen Enden desselben ist als Zeiger ein ecksteinförmiges Stück leichtes Papier oder Metallblättchen angebracht und am anderen Ende befindet sich ein Stückchen Wachs, welches als Gegengewicht dient. Der Zeiger dreht sich innerhalb der Glasglocke ungefähr ein Millimeter von derselben entfernt, so dass die unterste Spitze desselben gerade über die Gradabtheilungen zu stehen kommt. Bei C sind die Condensirlinsen der Oxycalcium-Laterne und L ist der Kalkcylinder derselben. O ist die Objectivlinse, welche das vergrösserte Bild des Zeigers und der Scala auf den Schirm wirft. Diese Scala ist nicht in gleichen Winkelabtheilungen, sondern in Graden, welche die Einheiten der durch das Galvanometer gehenden Kraft repräsentiren. Die Scala muss daher nach vorheriger sorgfältiger Calibrirung des Instruments berechnet werden.

Das auf dem Schirm erhaltene Bild ist äusserst scharf und kann in einem tageshellen Zimmer bei Oxycalcium-Beleuchtung deutlich

gesehen werden. In einem etwas dunkleren Zimmer konnte ich anstatt des Oxycalcium-Lichtes eine einfache Kohlenölflamme anwenden.

Natürlich wird die Genauigkeit dieses Apparats durch die Parallaxe des Zeigers beeinträchtigt, denn der von demselben beschriebene Cylinder stimmt nicht mit demjenigen überein, auf welchem die Grade abgetheilt sind. Diesem Fehler kann man dadurch abhelfen, dass man im Inneren der Glasglocke ein gebogenes Stück Glas befestigt, dessen Halbdurchmesser dem des Zeigerarms gleich ist und dessen Mittelpunkt mit der Axe des Aluminium-Drahts übereinfällt. Mit dieser Verbesserung des Apparats ist es mir gelungen, Abweichungen von 6′ mit Genauigkeit zu bestimmen.

Mittelst folgender Vorrichtung kann man Abweichungen bis zu 1′ in einem Bogen von 5° auf beiden Seiten des Nullpunktes bestimmen. Man lackirt ein dünnes Stückchen Glas, welches zur Bereitung von mikroscopisch zu untersuchenden Objecten gebraucht wird, schwarz und schneidet mit der Theilmaschine durch den Lack fünf Linien in gleichmässiger Entfernung. Anstatt des ecksteinförmigen Zeigers nimmt man ein leichtes Stück von demselben Glase, welches man ebenfalls schwarz lackirt. Durch den Lack wird dann eine einzelne senkrechte Linie geschnitten. Diese Linien werden mittelst der Laterne beleuchtet und vor denselben befindet sich ein einzölliges oder anderthalbzölliges Objectivglas. Auf dem Schirm erscheinen die Abtheiluugen als helle Linien auf dunkelm Grunde und eine ebenfalls helle Zeigerlinie bewegt sich denselben entlang.

Der Nullpunkt der Scala kann mit der Normalstellung des Zeigers in Uebereinstimmung dadurch gebracht werden, dass man das Glockenglas um seine Base dreht. Indem man den horizontalen Draht so dreht, dass er nach dem Schirm zeigt, wenn die Galvanometernadel stille steht, kann man mit Leichtigkeit das Bild des Zeigers und der Scala nach irgend einer beliebigen Richtung werfen.

Obgleich man viele Vortheile dadurch erzielt, dass man die Scala am Galvanometer selbst befestigt und das vergrösserte Bild des Ganzen auf den Schirm wirft, kann man jedoch viel Zeit beim Anfertigen des Apparats sparen, wenn man die Scala direct auf den Schirm selbst mit sehr schwarzer Tusche malt.

Meine Erfahrung mit diesem Instrument veranlasst mich eiuer einzigen Magnetnadel — der in der Multiplicatorrolle enthaltenen — den Vorzug zu geben und mache ich dieselbe mehr oder weniger

astatisch mittelst eines Dämpfungsmagneten, welcher oberhalb des Galvanometers an einem senkrechten Stab auf und nieder bewegt, sowie auch um denselben als Achse gedreht werden kann. Mit Hülfe dieses Magneten kann man ohne Verzug die Empfindlichkeit des Instruments besonderen Versuchen anpassen und wird dadurch ein solches Galvanometer zu einem überaus nützlichen Instrumente bei Versuchen über Wärme, Electricität und Magnet-Electricität. Wenn ich meine Hand 15 Centimeter vom Thermomultiplicator (ohne konischen Reflector) entfernt halte, so beträgt die Abweichung der Magnetnadel manchmal 30°.

Man könnte glauben, dass die Hitze der Lichtquelle bei diesen Vorrichtungen Luftströmungen im Schatten hervorbringen und die Nadel ins Schwingen bringen würde, doch habe ich bis jetzt noch keine beobachtet. Sollten Störungen dieser Art vorkommen, so kann man denselben dadurch leicht Abhülfe thun, dass man vor die Condensirlinsen eine Auflösung von Alaun in Wasser stellt.

Die augenscheinlichen Vortheile dieses Instruments und seine Einfachheit, welche die aller früheren übertrifft, werden es ohne Zweifel allenthalben empfehlen. Die Thatsache ist, dass Jedermann sein Galvanometer in ein Paar Stunden zu einem bequemen und genauen Instrument für Untersuchungen und für die Veranschaulichung von Erscheinungen machen kann, welche bisher den Studenten nur mit grossem Aufwande von Zeit und Arbeit vorgeführt werden konnten. Jetzt ist man im Stande, die schönen Erscheinungen der strahlenden Wärme, welche so empfindlicher Instrumente bedürfen, den Classen in unseren Collegien mit Leichtigkeit und Sicherheit zu veranschaulichen.

Am 31. Dezember 1872.

Verschiedene Mittheilungen.

Von

A. Weinhold.

Hiezu Tafel XII.

I. Quecksilberreinigungsapparat.

Das Bedürfniss, beträchtliche Mengen reinen Quecksilbers darzustellen, wurde Veranlassung mancherlei Reinigungsmethoden zu versuchen. Die gewöhnliche Art der Reinigung durch Destillation, Entfernen des gebildeten Qxydes durch Salpetersäure und gründliches Waschen ist recht umständlich; die von Wild[1]) angegebene ist umständlich und verursacht Abfall, welcher nur mühsam wieder aufzuarbeiten ist. Es gelang schliesslich, einen Apparat zu construiren, welcher gestattet, Quecksilber im Vacuum bei relativ niedriger Temperatur continuirlich zu destilliren. Derselbe ist zwar etwas complicirt, arbeitet aber sehr sicher und liefert bei ganz müheloser Bedienung unmittelbar trocknes, oxydfreies Destillat.[2])

Fig. 1 giebt eine wirkliche Ansicht in $^1/_{10}$ natürlicher Grösse, Fig. 2 eine schematische Darstellung ohne Rücksicht auf die Grössenverhältnisse; die Buchstabenbezeichnungen sind in beiden Figuren identisch. Als Siedegefäss dient eine gläserne Kugel *a* von 6 bis 7 cm Durchmesser, welche am oberen Ende eines unten schief abgeschnittenen Rohres *b* von circa 10 mm Weite sitzt; die Länge dieses Rohres ist gleich dem höchsten, am Aufstellungsorte vorkommenden Barometerstande. Erwärmt wird *a* durch einen Babo'schen

1) Diese Zeitschrift B. 7, S. 258.

2) Es möge hier bemerkt werden, dass der vom Verf. in dieser Zeitschrift Bd. III. S. 444 beschriebene Quecksilberwaschapparat bereits früher von L. Meyer (Zeitschrift für analytische Chemie 1863, S. 241) angegeben, dem Verf. aber unbekannt geblieben war.

Rundbrenner *c* mit 4 Zuflussröhren, dessen Esse entfernt worden ist und dessen Oeffnung durch einen dicht aufliegenden Ring von Drahtnetz bedeckt ist, um das Zurückschlagen der Flamme zu verhindern. Der hohle, als Gasbehälter dienende Fuss dieses Brenners ist durchbohrt und mit einem eingelötheten Rohrstück versehen, um das Rohr *b* durchstecken zu können; um ihn und das von ihm geführte Rohr *b* vor seitlicher Verschiebung zu schützen, ist er mit vier kleinen Schrauben auf dem Consol, welches ihn trägt, befestigt. Ein Reichert'scher Wärmeregulator *d* [1]) führt dem Brenner das nöthige Gas zu. Die Kugel dieses Regulators verschliesst nahezu die obere Oeffnung eines conischen Schirmes *e* von Schwarzblech, der die obere Hälfte der Kugel *a* umgiebt und sie fast berührt. Um Kugel und Rohr *a*, *b* behufs ihrer Reinigung entfernen zu können, muss man *d* und *e* abnehmen können; *d* sitzt an einem Halter, welcher auf der Rückseite des verticalen Brettes *f f* durch eine leicht abnehmbare Schraube gehalten wird, *e* ist an einem starken Drahtring befestigt, dessen abwärts gerichtete Enden in eine doppelte, an *f f* angeschraubte Blechdille eingesteckt sind. Das untere Ende von *b* taucht in das oben offene, unten durch einen eingekitteten Kork verschlossene, cylindrische Glasgefäss *g* und stützt sich auf den Kork. In dieses Gefäss wird das zu destillirende Quecksilber durch ein Sturzgefäss *h* derart eingeführt, dass sich sein Niveau um die Höhe des jeweiligen Barometerstandes unter der Mitte der Kugel *a* befindet. *h* ist eine starkwandige Glaskugel von 2 Kgr. Quecksilberinhalt mit angesetztem, am Ende schief abgeschliffenen Glasrohre; der gerade Theil dieses Rohrs ist schwach nach rechts geneigt, der stark abwärts gerichtete gebogen nach einem Kreisbogen, dessen Mittelpunkt bei *i* in einem Charnier liegt, das den aus einem Holzstück mit aufgeleimtem, passend ausgehöhlten Kork gebildeten Träger der Kugel mit dem kleinen Consol, auf welchem er steht, so verbindet, dass durch eine Drehung des Trägers um dieses Charnier das Sturzgefäss sich aufrichten oder niederlegen lässt, ohne dass das Glasrohr desselben an *b* oder *g* anstreift. Ueber das Glasrohr ist ein kurzes Stück Kautschukschlauch geschoben, das beim tiefsten Stande des Rohres auf dem Rande von *g* aufliegt; erfordert ein niedriger Barometerstand ein höheres Niveau in *g*, so wird auf den Rand von

1) Poggendorf, Annalen, Bd. 144, S. 467. Repertorium VIII. p 123.



g ein Holzstückchen von passender Dicke gelegt, auf welchem dann das mit Kautschuck umhüllte Glasrohr ruht. Wird *h* von seinem Träger abgehoben und in gerade umgekehrte Stellung gebracht, so lässt es sich durch einen kleinen Trichter leicht voll Quecksilber giessen; man klappt dann den Träger ziemlich hoch auf, legt *h* in denselben ein und klappt ihn wieder nieder; so erfolgt das Einlegen des Sturzgefässes sicher und ohne alle Schwierigkeit.

Zum Ableiten und zur Verdichtung des Dampfes dient ein circa 5 ^{mm} weites Rohr *kk*, welches um mindestens 20 ^{cm} länger ist, als die doppelte Länge des höchsten Barometerstandes. Es ist beiderseits offen und endigt einerseits im obersten Theile der Kugel *a*, andererseits im untersten Theile eines Gläschens *l*, welches mit seitlichem Abflussrohr versehen ist. Dieses Rohr ist durch den Kork, welcher den Boden von *g* bildet, hindurchgeführt und in ihm mit Siegellack festgekittet. Dicht unterhalb dieses Korkes mündet ein Rohr *m* ein, das zum Evacuiren des Apparates dient An seiner Eintrittsstelle ist dieses Rohr schräg abwärts gerichtet, damit hineinspritzende Quecksilbertropfen dasselbe nicht versperren können, sondern nach dem Rohre *k* ablaufen. Das Rohr *m* läuft in einem Schlitz des Consols, welches *g* trägt, nach vorn, ist dann horizontal nach rechts, dann nach oben und wieder nach rechts gebogen und schliesslich in das seitliche Rohr einer etwas modificirten Sprengel'schen Pumpe[1]) mit Siegellack eingekittet. Von der ursprünglichen Sprengel'schen Form weicht diese Pumpe durch die Art und die Anbringung des Hahnes, besonders aber dadurch ab, dass das Einfliessen des Quecksilbers nur Anfangs durch den Hahn, nach Herstellung einer beträchtlichen Verdünnung aber durch das Rohr *o* stattfindet, so dass die Pumpe dann einen unterbrochenen Heber bildet. Der Hahn, in Fig. 3 besonders gezeichnet, sitzt am oberen Ende des Fallrohrs der Pumpe; dieses ist in dem Halse des Fülltrichters mit Kork und Siegellack befestigt. Auf das obere, in der Glaswandung verdickte und conisch zulaufende Ende des Rohres ist eine Conische Glashülse aufgeschliffen; diese Hülse trägt nach oben einen Griff zum Drehen, auf dessen eines Ende etwa schwarzes Glas aufgeschmolzen ist, um als Marke für die Hahnstellung zu dienen. Durch den inneren und äusseren Glasconus sind correspondirende Löcher gebohrt; der Hahn

1) Diese Zeitschrift, Bd. 3, S. 265.



ist offen, wenn diese sich decken, und schliesst sich, wenn der Griff gedreht wird. Ein solcher Hahn ist leichter herzustellen, als ein gewöhnlicher Glashahn (Quetschhähne sind wegen der unvollkommnen Dichtheit der Kautschukschläuche schlechterdings zu vermeiden, wo ein dauernd sicherer Schluss verlangt wird) und würde selbst bei nicht ganz sorgfältiger Ausführung keine Luft eindringen lassen, weil die Stelle, wo die Luft eintreten müsste, sich ganz unter Quecksilber befindet. Das untere Ende des Fallrohrs mündet, wie das des Rohres *k*, in ein Gläschen *p* mit seitlichem Ausflussrohr. Das Rohr *o* ist um einige Centimeter länger, als die grösste, vorkommende Barometerhöhe; es mündet in ein oben weites, unten engeres Gefäss *q*, einen weiten Glascylinder, in den ein etwa 2 cm weites Probirglas mittelst einer Scheibe von Holz eingesetzt ist; auf die Holzscheibe ist eine Siegellackschicht aufgeschmolzen, um das Durchdringen von Quecksilber zu verhindern. (Besser würde ein ganz gläsernes Gefäss, ein kleiner Kropfcylinder mit recht weitem und hohem Kropf, sein; die Verengung hat übrigens nur den Zweck, Quecksilber zu sparen.) Die Höhendifferenz von dem Punkte, wo *o* in das Fallrohr einmündet, bis zu der Stelle, wo sich das Gefäss *q* verengt, ist 1 cm kleiner, als die kleinste vorkommende Barometerhöhe.

Das Saugrohr der Pumpe hat einen nach unten conisch erweiterten Ansatz, in dem der Hals eines kleinen Glaskolbens eingeschliffen ist, der zur Hälfte mit Schwefelsäure gefüllt wird, um Wasserdampf zu absorbiren, der sich im Apparate bildet, wenn das zu destillirende Quecksilber nicht ganz trocken ist.

Soll der Apparat in Thätigkeit gesetzt werden, so füllt man das Gefäss *g* zur Hälfte mit dem unreinen Quecksilber, bringt das ebenfalls gefüllte Sturzgefäss *h* an seine Stelle, füllt in das Gläschen *l* so viel reines Quecksilber, dass dieses im Rohre *k* barometerhoch aufgesaugt werden kann, ohne dass das Niveau unter das Ende von *k* sinkt, schüttet in das Gefäss *q* etwa 1 Kgr. Quecksilber von solcher Reinheit, dass es zum Betrieb der Pumpe angeht, und setzt nun die Pumpe in Thätigkeit. In dem Maasse, wie der Luftdruck im Apparate abnimmt, steigt das Quecksilber in *b*, in *k* und in *o* auf, bis es sich schliesslich aus *o* in das Fallrohr der Pumpe — anfangs ganz langsam, allmälig schneller — ergiesst. Hierauf dreht man den Hahn der Pumpe zu und lässt das Quecksilber nur noch durch *o* zutreten, indem man das aus *p* ablaufende von Zeit zu Zeit nach *q* bringt. Zum

Auffangen und Uebergiessen dieses Quecksilbers dienen zwei gleiche kleine Kannen (Theekännchen) von Porcellan, deren Ausguss dicht unter die Mündung des Ausflussrohres von *p* passt und so das Quecksilber aufnimmt, ohne etwas davon verspritzen zu lassen. Ist das Vacuum einmal hergestellt, so braucht man nur etwa alle Stunden einmal das aufgelaufene Quecksilber nach *q* zu giessen, wenn man etwa 2,5 Kil. zum Betrieb der Pumpe verwendet; Luft kann durch *o* nicht eintreten, da das Quecksilberniveau in *q* zwar bis in den engen Theil, aber nicht bis unter die Mündung von *o* sinkt. Ganz unterlassen darf man das Pumpen bei andauerndem Gebrauche des Apparates nicht, weil das unreine Quecksilber immer Spuren von Luft mit in den Apparat bringt.

Im eigentlichen Destillationsapparat soll sich das Niveau des Quecksilbers durch das Evacuiren bis zur Mitte der Kugel *a* erheben; bleibt es wegen niederen Barometerstandes tiefer, so hebt man das Ausflussrohr des Sturzgefässes *h* soviel (vgl. oben S. 70), dass das Niveau in *g* und dadurch auch das in *a* um das erforderliche Stück steigt. Nun setzt man den Gasbrenner in Thätigkeit und zwar regulirt man ihn mittelst der Stellschraube *s* des Wärmeregulators so, dass in *a* eine lebhafte Verdampfung, aber durchaus kein blasenwerfendes Sieden eintritt; dazu ist nur eine ganz kleine Flamme erforderlich, welche eine fast horizontale, 1 mm dicke, über dem Drahtnetz schwebende Schicht bildet — die Temperatur der Kugel *a* soll 180° bis 200° C. betragen. Die gebildeten Quecksilberdämpfe verdichten sich zum kleinen Theile an den Wänden der Kugel, zum grösseren Theile aber in dem Rohre *k*, indem sie das in *b* befindliche Quecksilber soweit erwärmen, dass es ohne Gefahr für die Kugel in diese aufsteigen kann. Das Destillat fliesst durch *k* nach *l* und von hier durch das seitliche Rohr in eine untergesetzte Flasche. Beim regelmässigen Gange findet das Aufsteigen des Quecksilbers in die Kugel *a* ganz stetig statt, während in ununterbrochener Folge kleine Luftblasen in das Sturzgefäss *h* schleichen; nur wenn dieses Gefäss neugefüllt eingelegt wird, erfolgt ein paar Augenblicke ein ruckweises Fliessen, was aber wegen der eben erwähnten Vorwärmung unschädlich ist.

Der Apparat liefert pro Stunde etwa 500 gr. Destillat, das Sturzgefäss reicht also bei der angegebenen Grösse für 4 Stunden und da der Reichert'sche Wärmeregulator recht gut functionirt, so braucht der ganze Apparat nur sehr wenig Bedienung. Hat man öfter Queck-

silber zu reinigen, so bleibt der Apparat am besten im evacuirten Zustande stehen; haben sich nach und nach zu viel Unreinigkeiten gesammelt, so muss man die Kugel reinigen[1]; zu diesem Zwecke lässt man durch den Hahn der Pumpe Luft eintreten (was auch nothwendig ist, wenn das Trockengefäss *r* neue Schwefelsäure erhalten soll) und entfernt dann das unreine Quecksilber aus *g* mittelst eines Hebers. Ist dieser Rest zu reich an fremden Metallen geworden, um sich noch im Vacuum bei niedriger Temperatur destilliren zn lassen, so wird man ihn aus einer Eisenretorte in gewöhnlicher Weise destilliren und hierauf erst wieder in den Apparat bringen müssen, wenn er nicht zum Amalgamiren von Zinkcylindern Verwendung findet.

---

2. Füllung von Manometer- und Barometerröhren.

Zur Füllung von Röhren für Barometer und für Hebermanometer mit einem geschlossenen, luftleeren Schenkel (die sich dadurch empfehlen, dass man bei ihrem Gebrauche auf den Atmosphärendruck nicht Rücksicht zu nehmen braucht und also die Zahl der möglichen Beobachtungsfehler kleiner und ein Hülfsbeobachter weniger nöthig ist als bei offenen Manometern) bedient sich Verfasser einer Methode welche etwas abweicht von der von ihm früher verfolgten und von Herrn Dr. Schreiber[2] kurz beschriebenen und auch von der von Wild[3] angegebenen. Dieser letzteren kommt sie ziemlich nahe, liefert aber weit vollkommener luftleere Röhren. Es mag hier die Verfertigung eines als Normalinstrument gebrauchten Barometers genau beschrieben werden.

Das Barometer, Fig. 4, ist oben (*a b*) auf eine Länge von ca. 25 ^{cm}, unten (*c d*) auf eine noch grössere Länge 18^{mm} weit, um jeden Capillaritätsfehler zu vermeiden; die übrigen Theile desselben sind ca. 7^{mm} weit. Da sich das in Rede stehende Verfahren auf umgebogene Röhren nicht anwenden lässt und auch das früher übliche Auskochen

1) Verf. hat mehr als 60 Kgr. käufliches Quecksilber destillirt, ehe diese Reinigung das erste Mal nöthig wurde.

2) Diese Zeitschrift, Bd. 8, S. 297.

3) Diese Zeitschrift, Bd 7, S. 256.



an der Umbiegungsstelle eines Heberbarometers fast unausführbar ist, so wurde das Barometer aus zwei getrennten, bei e durch einen Kautschukschlauch verbundenen Theilen hergestellt. Der obere Theil ist bei e in eine Spitze mit circa 2^{mm} weiter Oeffnung ausgezogen; einige Centimeter weiter oben befindet sich eine Bunten'sche Spitze[1]) von der nämlichen Weite, um jedes Eindringen von Luft in die Toricelli'sche Kammer zu verhindern. Behufs der Füllung wird der Theil a b e in ein weiteres Glasrohr MM, Fig. 5, mittelst eines doppelt durchbohrten Korkes eingesetzt; der Theil a b wird dabei mit einem dicken, gut ausgeglühten Kupferdraht spiralig umwunden, um zu verhindern, dass er an MM unmittelbar anliegt. Die zweite Bohrung des Korkes nimmt ein Glasrohr auf, das nach einem mit Schlangenrohr versehenen Kühlapparat führt. Das untere, verengte Ende von MM steht in Verbindung mit einem kleinen, kupfernen Kessel, der ein paar Kilogramm Anilin enthält — es ist zweckmässig, wenn dieser Kessel mit einem Thermometer und einem seitlich angesetzten Glasrohr nach Art der Wasserstandsgläser an Dampfkesseln versehen ist, um Temperatur und Stand der Flüssigkeit controliren zu können. Auf den aus dem Korke vorragenden Theil e des Barometerrohres ist eine gläserne Kappe K mit Siegellack aufgekittet; diese Kappe, in Fig. 6 grösser gezeichnet, hat ein seitlich einmündendes Rohr p, das zur Verbindung mit der Quecksilberluftpumpe dient; ein zweites Rohr q tritt von oben in die Kappe ein und ist lang und dünn ausgezogen, so dass es durch beide Verengerungen des Barometerrohres hindurchreicht. Das Rohr p, welches in der Figur nach oben gerichtet ist, wird thatsächlich horizontal gelegt; zur Verbindung mit der Quecksilberpumpe dient eine mit Siegellack eingekittete, capillare Glasröhre, weil Kautschuk durchaus nicht genügend dicht ist. Eine zur Füllung des Rohres mehr als genügende Menge Quecksilber wird in ein cylindrisches, einerseits halbkugelig endigendes, andererseits in eine 1^m, 2 bis 1^m, 5 lange Capillare auslaufendes Gefäss G gebracht (durch Auspumpen dieses Gefässes, Zuschmelzen der Capillare und Wiederöffnen derselben unter Quecksilber) und das Ende der Capillare in das Rohr q eingekittet. Das Gefäss G liegt in einem flachen Blechkästchen mit Eisenfeilspänen; dieses Kästchen ruht auf dem Ring eines Kochgestelles H

1) Müller, Lehrb. d. Phys., 7. Aufl., Bd. 1, S. 177.



und wird durch Unterlegen eines Eisenstückes *f* in die geneigte Lage gebracht, welche die Figur zeigt.

Zunächst erwärmt man das Quecksilber durch Untersetzen eines Bunsen'schen Brenners unter das Blechkästchen und pumpt mittelst der Quecksilberpumpe möglichst vollkommen aus. Luft und Wasserdampf, die condensirt an der Wandung des Gefässes *G* sitzen, entwickeln sich gasförmig und bilden, soweit die Wandung von Quecksilber bespült ist, Blasen; durch zeitweiliges kräftiges Klopfen an das Gestell *H* bringt man den allergrössten Theil dieser Blasen zum Aufsteigen. Das Erwärmen wird so lange fortgesetzt, bis der obere Theil von *G* stark mit grossen Quecksilbertropfen beschlägt; derartige Tropfen setzen sich auch im Capillarrohr des Gefässes bei *g* an und machen so ein weiteres Auspumpen unmöglich, weil der minimale, noch vorhandene Druck sie nicht vorwärts zu schieben vermag. Nun lässt man das (auf ohngefähr 200° C) erhitzte und möglichst von Luft und Wasser befreite Quecksilber auf 30 bis 40° abkühlen, damit es bei dem folgenden Ueberfüllen in das Rohr *a b e* nicht die Siegellackkittungen erweicht. Wenn die Abkühlung des Quecksilbers fast vollendet ist, beginnt man, das Anilin zum Sieden zu erwärmen und so *M M* sammt dem darin liegenden Rohr *a b e* zu erhitzen. Es ist besser, den Anilindampf von unten nach oben durch *M M* zu leiten, als umgekehrt; im letzteren Falle braucht man, um *M M* genügend lange zu erhitzen, sehr viel Anilin, weil dieses rapid destilliren muss, wenn der ganze Raum dieses Dampfmantels mit Dampf erfüllt werden soll; tritt dagegen der Dampf von unten ein, so fliesst das Destillat immer in den Kessel zurück und das Sieden lässt sich so reguliren, dass *M M* bis oben vollkommen erhitzt wird uud doch nur wenig Flüssigkeit bis in den Kühlapparat gelangt. (Wenn das abwärts gebogene, nach dem Kessel führende Ende von *M M* nicht sehr weit ist, so kann das destillirte Anilin nicht ungehindert zurückfliessen und erfüllt allmählig den ganzen Dampfmantel, was aber nichts schadet, wenn man nur das Sieden so lebhaft erhält, dass etwas Dampf unverdichtet bis in den Kühler gelangt.) Während der Erwärmung lässt man die Pumpe wieder arbeiten, um Luft und Wasser, die an der Innenwandung von *a b e* condensirt waren und sich nun verflüchtigen, zu entfernen; sobald die Erwärmung vollständig ist, bringt man die Unterlage *f* unter das andere Ende von *G*, so dass dieses in die punktirt angedeutete Lage kommt und das Quecksilber durch die

Capillare langsam in das Barometerrohr fliesst. Da die Capillare vorher nicht erwärmt worden ist, so kann das durchfliessende Quecksilber möglicherweise Spuren von Luft oder Feuchtigkeit mit in das Barometerrohr führen; diese werden sicher entfernt, indem man die Pumpe bis zur vollendeten Füllung wirken lässt. Das Quecksilber im Barometerrohr wirft durchaus keine Blasen, verdampft aber ziemlich lebhaft, was man daran erkennt, dass in den über den Kork hervorragenden Theil *e* zahlreiche Tröpfchen hinauf destilliren. Wenn das ganze Barometerrohr und der grösste Theil der Kappe mit Quecksilber gefüllt sind, schmilzt man das nach der Pumpe führende Capillarrohr zu, lässt die Kappe vollends ganz anfüllen, unterbricht die Destillation des Anilins, bringt *G* wieder in seine anfängliche Lage, und schmilzt die daran befindliche Capillare möglichst nahe bei *q* ab.

Das solchergestalt gefüllte Barometerrohr nimmt man aus dem Dampfmantel *MM* heraus und lässt es in einem kühlen Raume oder durch Eintauchen in kaltes Wasser merklich unter die Temperatur des Zimmers abkühlen, in dem man die weiteren Manipulationen damit vornehmen will, damit während dieser Manipulationen eine langsame Erwärmung und infolge dieser ein fortwährendes Austreten kleiner Quecksilbertropfen aus der Spitze des Rohres stattfindet — so ist man ganz sicher, dass nach dem Entfernen der Kappe keine Luft in das Rohr gelangt. Behufs ihrer Entfernung wird die Kappe zunächst durch Abbrechen des capillaren Stumpfes bei *p* (nicht bei *q*, weil sonst Luft in das Barometerrohr dringt) geöffnet, dann an der in Fig. 6 durch die punktirte Linie *s s* angedeuteten Stelle eingeritzt und mit Sprengkohle rundum abgesprengt; hierauf hebt man den oberen Theil sammt der weit hinabreichenden Spitze des Rohres *q* ab (vorsichtig, damit nichts von dieser Spitze abbricht und im Rohre verbleibt), entleert die Kappe durch vorsichtiges Neigen des Rohres vom grössten Theile des Quecksilbers, erwärmt dann die Kittstelle bis zum Erweichen des Siegellacks, zieht die Kappe ab, entfernt die an dem Rohre sitzenden Siegellackreste durch Abkratzen mit einem Messer und Abwischen mit einem mit wenig Weingeist benetzten Tuche und schiebt endlich den noch auf dem Rohre sitzenden Kork vorsichtig herunter.

Um die beiden Theile des Barometers zu verbinden, legt man den gut ausgetrockneten unteren, heberförmig gebogenen Theil, auf dessen engeres Ende man bereits ein Stückchen s c h w a r z e n Kaut-

schukschlauch aufgeschoben hat, auf eine mässig (etwa 20⁰) geneigte Unterlage, füllt soviel Quecksilber hinein, dass dieses den Kautschukschlauch ganz anfüllt, bringt nun auch den langen, gefüllten Theil auf diese Unterlage, schiebt seine Spitze in den Kautschukschlauch bis zur Berührung der beiden Glastheile hinein und bindet endlich den Schlauch auf beiden Röhren fest. Als Unterlage benutzt man bei diesem Verfahren am besten gleich das Brettchen, auf dem das Barometer befestigt werden soll; das mit Quecksilber gefüllte, lange Rohr darf vor der Verbindung mit seinem offenen Ende natürlich nur soviel abwärts geneigt werden, dass der Höhenunterschied beider Enden weit kleiner bleibt, als die Höhe des Barometerstandes.

---

3. Quecksilberluftpumpe.

Verf. hat an einer von ihm hergestellten Quecksilberluftpumpe ein paar eigenthümliche Einrichtungen angebracht, die wol als Verbesserungen gelten können. Im Wesentlichen ist die Construction die Geissler'sche; über dem Hahn H, Fig. 7, befinden sich übereinander zwei kleine Gefässe G und K; in die Verengung zwischen beiden ist ein Glasstöpsel mit langem Stiele J eingeschliffen. Soll die Pumpe nur zum Evacuiren dienen, so kann das Gefäss K oben offen sein und der Stiel des Glasstöpsels frei durch die Oeffnung gehen; um aber nach Bedürfniss auch getrocknete Luft durch die Pumpe in den evacuirten Raum einlassen (oder das ausgepumpte Gas auffangen) zu können, ist erstens an K ein Röhrchen seitlich eingesetzt, von welchem ein Kautschukschlauch zu einer Trockenröhre (an der linken Seitenfläche des Gestells angebracht und deshalb in der Figur nicht sichtbar oder zu einem Auffanggefäss) führt und zweitens ein Stück Kautschukschlauch über J und den Hals von K geschoben und auf lezterem festgebunden. Um den Stöpsel zu lüften, kann man seinen Stiel in dem Kautschukschlauch verschiebbar machen; bequemer ist es, den Schlauch einige Centimeter lang zu machen und sein oberes Ende so an dem Stiele festzubinden, dass der Schlauch schwach gespannt ist und den Stöpsel sanft niederdrückt, und das Oeffnen des Stöpselverschlusses jedesmal durch eine geringe Dehnung des Schlauches zu bewirken — da die Oeffnung immer nur kurze Zeit dauert, hält man den Stöpsel mit der Hand so lange, als nöthig, in der

gehobenen Stellung; eine besondere Vorrichtung, um ihn in der Oeffnungsstellung festzuhalten, wäre leicht anzubringen, ist aber überflüssig. Der Zweck dieser Vorrichtung ist, den minimalen schädlichen Raum auszupumpen, der bei der Quecksilberluftpumpe dadurch entsteht, dass sich das Quecksilber in der Nähe des Hahnes nicht an alle Theile der Glaswandung vollkommen anlegt. Man arbeitet mit der Pumpe anfangs, wie mit der gewöhnlichen Geissler'schen, indem man nach jeder Hebung des beweglichen Quecksilbergefässes durch Oeffnen des Hahnes und des Stöpsels J die ausgepumpte Luft entweichen lässt; ist man mit Auspumpen soweit gelangt, dass nur noch Spuren von Luft zu entfernen sind, so hebt man das bewegliche Quecksilbergefäss B soweit, dass G ganz und K zu ein Drittel seiner Höhe mit Quecksilber gefüllt wird. Beim folgenden Sinken von B entsteht in G ein leerer Raum; das in K befindliche Quecksilber bewirkt einen völlig dichten Schluss des ungefetteten Stöpsels J. In der Folge braucht also die Luft aus dem Gefässe A durch den Hahn nicht mehr in die Atmosphäre, sondern nur nach G zu treten, man hebt deshalb das bewegliche Gefäss B nicht mehr so hoch, wie anfangs, sondern nur soweit, dass der Druck eben hinreicht, um die kleine Luftmenge nach G zu treiben — es kann also das kleine unter dem Hahne bleibende, nicht von Quecksilber erfüllte Volumen nur Luft von äusserst geringer Dichte enthalten und das Auspumpen erfolgt deshalb schneller und noch etwas vollkommener, als mit der gewöhnlichen Geissler'schen Pumpe. Ein wiederholtes Hinaustreiben der Luft aus G ist bei einmaligem Gebrauche der Pumpe (wenn nicht ungewöhnlich grosse Räume auszupumpen sind) nicht nöthig, da in G durch die geringen eintretenden Luftmengen kein erheblicher Druck entsteht.

Das bewegliche Gefäss B ist nicht wie gewöhnlich oben offen, sondern zugeschmolzen und luftleer, so dass die immer wechselnde Quecksilberfläche in diesem Gefässe nicht mit immer sich erneuernder, atmosphärischer Luft in Berührung kommt und also ein Ueberführen von Luft und Feuchtigkeit nach A oder ein Staubigwerden der Quecksilberoberfläche in B ganz unmöglich ist[1]. Um beim Gebrauch der

1) Das Gefäss B der gewöhnlichen Pumpe durch eine Trockenröhre mit Chlorcalium oder dergl. zu versehen und so vor Feuchtigkeit zu schützen ist unbequem; die hygroskopische Substanz sättigt sich sehr bald mit Feuchtigkeit, weil bei jeder Aufwärtsbewegung von B ein beträchtliches Luftquantum hindurchgeht.



Pumpe in A dieselben Druckverhältnisse zu erhalten, wie bei der gewöhnlichen Pumpe, muss natürlich B caeteris paribus um die Höhe des Barometerstandes höher stehen — die in Fig. 7 gezeichnete Stellung von B ist also keineswegs die höchste vorkommende, sondern die, welche zum Austreiben der Luft aus A in Anwendung kommt, wenn G schon luftleer ist. An das untere Ende von B ist ein barometerlanges Glasrohr angeschmolzen und an dieses erst der (schwarze, in Wolle eingeklöppelte) Kautschukschlauch angesetzt, der zur beweglichen Verbindung dient. Zwischen den Ständern der Pumpe bewegt sich ein viereckiger Rahmen RR von etwa 95 ^{cm} lichter Höhe; 20 ^{cm} unter dem oberen Rahmentheil ist ein Querstück eingesetzt, welches B trägt; in dem unteren Theil des Rahmens ist das Ende des an B angesezten Glasrohres befestigt. Der Rahmen RR hat gleiche Breite mit den Ständern, zwischen denen er sich bewegt; an seine acht Ecken sind kleine, vorstehende Lappen von Messing angeschraubt, welche ihn an diesen Ständern führen. Gehoben wird der Rahmen durch ein in der Mitte seiner hinteren, unteren Kante befestigtes Gurtband, das über eine Leitrolle nach der mit dem Sperrrad S versehenen Kurbelwelle läuft — ohne die Leitrolle, von welcher in der Figur nur der eine Zapfen Z sichtbar ist, könnte das Band nicht bei allen Stellungen des Rahmens vertical nach oben ziehen, weil sich der Durchmesser der Kurbelwelle durch das Auf- und Abwickeln des Bandes ändert.

4. Rührvorrichtung.

Das häufig nothwendige stundenlang fortgesetzte Umrühren der Flüssigkeitsmasse eines Wasser-, Oel- oder Paraffinbades ist bei Anwendung der gewöhnlichen auf- und abbeweglichen Rührer sehr unbequem und erfordert oft ziemliche Vorsicht, um nicht dünnwandige Glastheile des im Bade befindlichen Apparates zu zerbrechen. Verfasser verwendet deshalb vielfach selbstthätige Rührvorrichtungen, eine Art kleiner Schraubenpumpen, die durch ein Laufwerk oder durch die Stosswirkung eines Wasserstrahles in dauernder Bewegung erhalten werden und eine sehr lebhafte Circulation der Flüssigkeit bewirken. Eine solche Vorrichtung zeigt Fig. 8 in $1/2$ der natürlichen Grösse. Ein rechtwinklig gebogener Streifen von Flacheisen, dessen

horizontaler Theil an irgend einem soliden Stativ mittelst einer Schraubenzwinge befestigt werden kann, trägt am unteren Ende des verticalen Theiles ein Messingrohr von etwa 25^{mm} lichter Weite; in diesem Rohre befindet sich ein Schraubenrädchen mit vier oder sechs schräg stehenden Flügeln, das in einfachster Weise aus einer runden Blechscheibe durch radiales Einschneiden und Biegen der Sectoren hergestellt ist. Das Rädchen ist auf eine stählerne Axe aufgelöthet (mit Schlagloth, wenn zum Gebrauch im Oel- oder Paraffinbad bestimmt), die Axe ist unten conisch zugespitzt und in zwei messingnen Armen gelagert, deren unterer mit einer conischen Vertiefung und deren oberer mit einer cylindrischen Durchbohrung zum Durchlassen der Axe versehen ist. Am oberen Ende ist die Axe vierkantig gefeilt; auf diesen Theil wird ein hölzernes Schnurrädchen aufgesteckt. Das Rohr, in dem das Schraubenrädchen läuft, soll etwa 2^{cm} kürzer sein, als die Höhe der umzurührenden Flüssigkeitsschicht, es wird etwa 10^{cm} lang gemacht und erforderlichenfalls durch Ansatzröhren, die sich mit einiger Reibung über sein unteres Ende schieben lassen, verlängert. Senkt man die Vorrichtung soweit in eine Flüssigkeit, dass das obere Rohrende circa 1^{cm} unter dem Niveau der Flüssigkeit liegt und versetzt das Rädchen durch eine über die Rolle geführte Schnur in rasche Umdrehung, so wird ein lebhafter Strom von Flüssigkeit durch das Rohr getrieben. Zum Betriebe der Vorrichtung dient ein Laufwerk mit Gewichten, oder besser ein kleiner hydraulischer Motor, der einfach aus einem ganz ähnlichen Rad von 60^{mm} Durchmesser besteht, auf dessen Flügel man nahe an der Peripherie einen feinen, aber kräftigen Wasserstrahl spritzen lässt — bei 15^{m} Wasserdruck und einem Consum von circa 150 Liter pro Stunde wird trotz der sehr unvollkommenen Ausnutzung der Wasserkraft die Rührvorrichtung sehr lebhaft bewegt; wenn man den oberen Rand des Rohres mehr als 2^{cm} über das Niveau des umzurührenden Wassers hebt, so schiesst dieses noch kräftig aus dem Rohre heraus, indem es in Form einer Glocke über den Rand des Rohres überfliesst. Durch ganz dünne Seidenschnur lässt sich die Bewegung des Motors sehr bequem auf die Rührvorrichtung übertragen, wenn sich diese in 0,5^{m} bis 6^{m} Abstand befindet; auch kann man auf die Schnurrolle des Motors ganz gut zwei Schnüre auflegen und zwei Rührvorrichtungen zugleich damit treiben — wendet man gekreuzte Schnuren an, so hat man bekanntlich dar-

auf zu achten, dass der stärker gespannte, treibende Theil über den anderen zu liegen kommt, damit die beiden Theile nicht aufeinander schleifen.

---

5. Gasdruckregulator.

An Orten, wo bedeutende Druckschwankungen in der öffentlichen Gasleitung vorkommen, ist die Anwendung eines Gasdruckregulators zur dauernden Erhaltung bestimmter Temperaturen erforderlich. Die Einrichtung eines solchen Apparates zeigt Fig. 9. Derselbe beruht auf demselben Princip, wie die technisch verwendeten Druckregulatoren [1]), ist aber in seiner Form etwas abweichend. Auf einem Stativ ruht das aus einer abgesprengten Glasbüchse hergestellte Wassergefäss *A*, das unten durch einen Kork verschlossen ist; durch diesen Kork geht die Glasröhre *a b* mit dem seitlichen Ansatz *c*. Ein weiteres Glasrohr *d e* ist auf *a b* mittelst eines Korkes befestigt. In dem Wassergefäss schwimmt die aus ganz dünnem Messingblech bestehende Glocke *B*, die durch einen unten angebrachten ringförmigen Hohlraum *f f* so regulirt ist, dass ein ganz geringer Gasdruck hinreicht, sie schwimmend zu erhalten. Ihre aufrechte Stellung ist durch zwei Ringe gesichert, deren einer am unteren Theile durch drei radiale Stäbchen mit der Glocke verbunden ist und das Rohr *a b* aussen umfasst, während der andere oben an der Innenwandung dieses Rohres anliegt und durch einen von der Mitte des Deckels der Glocke herabreichenden Draht getragen wird. An diesem Drahte ist ein durch *a b* hinabhängender Seidenfaden oder ein ganz dünner Draht befestigt, der unten ein viereckiges Plättchen von Kautschuk trägt; ein kleines Gewicht *g* hält den Faden gerade gespannt. Das Kautschukplättchen berührt mit seinen Ecken fast die Innenwand des Rohres *d e*, so dass es nicht merklich seitwärts verschoben werden kann, wenn der Apparat einmal nicht genau senkrecht steht. Beim tiefsten Stande der Glocke schwebt das Kautschukplättchen 5^{mm} unter dem eben abgeschliffenen Rande des Rohres *a b*; wird die Glocke gehoben, so legt es sich an diesen Rand an und versperrt dem Gase den Durchgang. Das Gas strömt in der durch Pfeile angedeuteten Richtung durch den Apparat; durch kleine Gewichte, welche auf die Glocke gelegt werden, kann

---

1) Dingler's polyt. Journal, Bd. 34, S. 28.



man den Druck bestimmen, bei welchem diese gehoben und so die Durchgangsöffnung für das Gas verengert werden soll. Es gelingt mit dem Apparate, jeden Druck, der nur etwas kleiner ist, als der in der Gasleitung, recht gut constant zu erhalten. Wird der Druck in der Leitung viel grösser als der, den man haben will, so beginnt die Kautschukplatte zu vibriren und bewirkt dadurch ein Zittern aller, benachbarten Flammen; um dies zu beseitigen, dreht man den Hahn von welchem aus der Regulator gespeist wird, so weit zu, dass die Vibrationen aufhören. Um recht constante Temperaturen zu erhalten, lässt man das Gas erst durch den Druckregulator und dann durch einen Reichert'schen Wärmeregulator strömen.

Anmerkung der Redaction. Auf Tafel XII. sind leider einige Buchstaben und die Aufschrift: „Figur 6“ ausgeblieben; glücklicherweise können dieselben bei aufmerksamem Lesen des Textes leicht ergänzt werden.

Bemerkung über die Bedingung der kleinsten prismatischen Ablenkung der Lichtstrahlen.

Von

Dr. Oscar Fabian,

Privatdocent an der k. k. Universität in Lemberg.

I. Ist das Prisma ein stärker brechendes als das umgebende Medium, so hat man bekanntlich:

$$(1)\quad \begin{cases} n>1;\ \delta = \alpha - a + \beta - b = \alpha + \beta - A;\ A = a + b; \\ \dfrac{\sin a}{\sin \alpha} = \dfrac{\sin b}{\sin \beta} = \dfrac{1}{n}. \end{cases}$$

Wo n den Brechungsexponenten, A den brechenden Winkel, α den Einfallswinkel, a den Brechungswinkel an der einen Fläche, b und β die entsprechenden Winkel an der anderen Fläche des Prima's und δ die Ablenkung bedeutet.

Für das Minimum von δ muss $\dfrac{d\delta}{d\alpha} = o$ und $\dfrac{d^2\delta}{d\alpha^2} > o$ sein.

Man findet sogleich:

$$(2)\quad \frac{d\delta}{d\alpha} = 1 + \frac{d\beta}{d\alpha} = o;\quad \frac{d^2\delta}{d\alpha^2} = \frac{d^2\beta}{d\alpha^2};$$

$$(3)\quad \frac{da}{d\alpha} = \frac{\cos\alpha}{n\cos a};\quad \frac{db}{d\beta} = -\frac{da}{d\beta} = \frac{\cos\beta}{n\cos b}.$$

Hieraus:

$$(4)\quad \frac{d\beta}{d\alpha} = -\frac{\cos\alpha\cos b}{\cos a\cos\beta} = -1$$

also:

$$(5)\quad \cos^2\alpha\,(1-\sin^2 b) = \cos^2\beta\,(1-\sin^2 a);$$

und wegen (1):

$$\cos^2\alpha\left(1-\frac{\sin^2\beta}{n^2}\right) = \cos^2\beta\left(1-\frac{\sin^2\alpha}{n^2}\right);$$

oder auch:

$$\cos^2\alpha-\cos^2\beta = \frac{1}{n^2}(\cos^2\alpha\sin^2\beta-\cos^2\beta\sin^2\alpha) =$$

$$= \frac{1}{n^2}\left[\cos^2\alpha(1-\cos^2\beta)-\cos^2\beta(1-\cos^2\alpha)\right] = \frac{1}{n^2}(\cos^2\alpha-\cos^2\beta);$$

und schliesslich:

$$(6)\quad (\cos^2\alpha-\cos^2\beta)\left(1-\frac{1}{n^2}\right) = o.$$

Durch weiteres Differenziren erhält man aus den Gleichungen (4) und (2):

$$(7)\quad \frac{d^2\delta}{d\alpha^2} = \frac{1}{\cos^2 a\cos^2\beta}\left[\begin{array}{l}\cos a\cos b\left(\sin\alpha\cos\beta-\cos\alpha\sin\beta\frac{d\beta}{d\alpha}\right)\\ -\cos\alpha\cos\beta\left(\sin a\cos b\frac{da}{d\alpha}-\cos a\sin b\frac{db}{d\alpha}\right)\end{array}\right].$$

Nach (6) ist:

$$\cos\alpha = \pm\cos\beta;$$

also:

$$\alpha_1 = \beta;\quad \alpha_2 = -\beta;\quad \alpha_3 = \pi\pm\beta;$$

Wegen $\alpha<\frac{\pi}{2}$ und $\beta<\frac{\pi}{2}$ ist α_3 unbrauchbar, α_2 liefert $A = o$, es bleibt also nur:

$$(8)\quad \alpha = \beta.$$

Dies in (7) eingesetzt, gibt wegen:

$$\frac{d\beta}{d\alpha} = -1;\quad \frac{db}{d\alpha} = -\frac{da}{d\alpha}$$

folgendes Resultat:

$$\frac{d^2\delta}{d\alpha^2} = \frac{2}{\cos^2 a\cos^2\alpha}\left(\cos a\cos a\sin\alpha\cos\alpha-\frac{da}{d\alpha}\cos\alpha\cos\alpha\sin a\cos a\right) =$$

$$(9)\quad = \frac{2}{\cos a\cos\alpha}\left(\cos a\sin\alpha-\frac{da}{d\alpha}\cos\alpha\sin a\right) =$$

$$= \frac{2}{\cos a\cos\alpha}\left[\sin(\alpha-a)+\cos\alpha\sin a\left(1-\frac{da}{d\alpha}\right)\right] > o.$$

weil $\frac{da}{d\alpha}<1$ und $\alpha>a$ ist.

II. Ist $n < 1$, so hat man:

$$\delta = a - \alpha + b - \beta = A - \beta - \alpha; \quad A = a + b;$$

und man braucht nur $-a$, $-b$, $-\alpha$, $-\beta$ anstatt a, b, α, β zu setzen, wodurch sich statt (7) ergibt:

$$(') \quad \frac{d^2\delta}{d\alpha^2} = \frac{1}{\cos^2 a \cos^2 \beta} \left[\begin{array}{l} \cos a \cos b \left(-\sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta \frac{d\beta}{d\alpha} \right) \\ -\cos \alpha \cos \beta \left(-\sin a \cos b \frac{da}{d\alpha} + \cos a \sin b \frac{db}{d\alpha} \right) \end{array} \right]$$

und wegen $\alpha = \beta$ ist nun, da hier wieder:

$$\frac{d\beta}{d\alpha} = -1; \quad \frac{db}{d\alpha} = -\frac{da}{d\alpha} \text{ ist:}$$

$$\frac{d^2\delta}{d\alpha^2} = \frac{2}{\cos a \cos \alpha} \left(\sin a \cos \alpha \frac{da}{d\alpha} - \cos a \sin \alpha \right) =$$

$$(9') \qquad = \frac{2}{\cos a \cos \alpha} \left[\sin a \cos \alpha \left(\frac{da}{d\alpha} - 1 \right) + \sin (a - \alpha) \right] > o;$$

denn jetzt ist $\frac{da}{d\alpha} > 1$ und $a > \alpha$.

III. Hätte man sowohl bei $n > 1$, als bei $n < 1$ den Strahl so einfallen lassen, dass er mit der brechenden Kante zu verschiedenen Seiten des Einfallslothes, der ausfahrende Strahl aber mit der brechenden Kante auf derselben Seite des Austrittslothes sich befände, so wäre:

für $n > 1$, $\delta = \alpha - a - \beta + b$; $A = a - b$;
für $n < 1$, $\delta = a - \alpha - b + \beta$; $A = a - b$.

Dies würde aber auf die beiden früheren Resultate zurückführen, sobald man nur unter den drei Wurzeln der Gleichung (6) die zweite:

$$\beta = -\alpha$$

wählt, was auch nothwendig ist, weil jetzt $\alpha = \beta$ eben $A = o$ liefert.

Das negative Zeichen muss dahin gedeutet werden, dass wenn man den Ein- und Austrittswinkel für positiv ansieht, sobald er mit der Basis des Prisma's auf einer Seite des Einfalls — respective — Austrittslothes liegt, dass derselbe dagegen als negativ angesehen werde, wenn die Basis des Prisma's und der Strahl zu verschiedenen Seiten des Lothes liegen.

Es stellt sich also heraus, dass für das Minimum der Ablenkung der ausfahrende Strahl wieder auf die der brechenden Kante entgegengesetzte Seite des Austrittslothes zurückkommen muss. — Da nun aber ein ausfahrender Strahl immer auch als einfallender gelten kann, wo dann nur der vorhin einfallende zum ausfahrenden wird, so folgt: Die Lage des Prisma's gegen die einfallenden Strahlen muss für die Minimalablenkung eine solche sein, dass der einfallende Strahl und die brechende Kante zu verschiedenen Seiten des Einfallslothes liegen und der erste Brechungswinkel $a = \frac{1}{2} A$ sei.

Neue Bestimmung der Geschwindigkeit des Lichtes.

Von

A. Cornu.

(Comptes rendus 1873 Nr. 6.)

Ich habe die Ehre, der Academie das definitive Resultat meiner Untersuchungen in Bezug auf die Bestimmung der Geschwindigkeit des Lichtes vorzulegen, welche ich in den letzten drei Jahren ausgeführt habe. In einer früheren Mittheilung habe ich kurz die Beobachtungsmethode, welche im Principe die von Fizeau herrührende des gezahnten Rades ist, sowie die verschiedenen an dieser Methode angebrachten Vervollkommnungen beschrieben. Unter diese Verbesserungen rechne ich die electrische Registrirung der Geschwindigkeit des Mechanismus, welche man in jedem Augenblicke in absolutem Maasse kennen muss, weil damit direct die Geschwindigkeit des Lichtes verglichen wird. Die Regelmässigkeit und die Uebereinstimmung der Resultate meiner ersten Versuche zwischen zwei nur 2½ Kilometer von einander entfernten Stationen liessen mich hoffen, dass wenn ich den Versuch zwischen zwei neuen Stationen in vierfacher Distanz wiederholen würde, ich eine hinreichend genaue Bestimmung der Geschwindigkeit des Lichtes erhalten würde, um zwischen den beiden bisherigen verschiedenen Werthen entscheiden zu können, wovon der eine aus den alten astronomischen Daten (308 bis 310 Kilometer in der Secunde), der andere (298,000) durch die Versuche von Foucault, die auf der Anwendung des rotirenden Spiegels basirten, erhalten wurden. Ich hielt mich sogar zu der Hoffnung berechtigt, einen wenigstens bis auf ein Hundertel genauen Werth zu erhalten. Ich bin nun in der glücklichen Lage, mittheilen zu können, dass diese Genauigkeit nicht nur erreicht, sondern sogar überschritten wurde, und dass die Frage über den absoluten Werth der Geschwindigkeit des Lichtes zu Gun-

sten der kleineren Zahl gelöst zu sein scheint, wie dies aus den erhaltenen numerischen Werthen ersichtlich sein wird.

Ich will vorerst mit wenigen Worten die Anordnung der Apparate beschreiben. Die Beobachtungsstation ward eingerichtet in einer Mansarde des Pavillons der polytechnischen Schule, die andere Station in dem Zimmer einer Caserne des Mont Valerien. An der ersten Station waren fest aufgestellt das Beobachtungsfernrohr (von 180 Millimeter Oeffnung und 2,40 Meter Focaldistanz), das gezahnte Rad und sein Bewegungs-Mechanismus, sein Beleuchtungssystem, der Apparat zum Registriren der Geschwindigkeiten, die electrischen Drähte für die Secundenmarken etc. Die andere Station enthielt nur den Collimator für die Reflexion, der aus einem wie ein Fernrohr montirten Objective (110 Millimeter Oeffnung und 1,20 Meter Focaldistanz) bestand, das in der Focalebene einen kleinen Planspiegel aus versilbertem Glase trug.

In der Abhandlung, die ich die Ehre habe der Academie vorzulegen, habe ich die verschiedenen Vorsichtsmaassregeln im Detail beschrieben, welche genommen wurden, um die optischen Achsen beider Apparate in dieselbe Gerade einzustellen und um die Spiegelfläche genau in die Focalebene der Collimators zu bringen. Diese zweite Bedingung muss mit grosser Genauigkeit erfüllt werden, wenn nicht das Licht auf seinem Retourwege beträchtlich geschwächt werden soll. Ich habe übrigens diese Bedingung vollständig erfüllt, indem ich mich des Silberhäutchens, das an einigen Puncten des Spiegels theilweise abgelöst war, wie eines Fadennetzes bediente; die Präcision ist dann vollständig bestimmt durch die definirende Kraft des Fernrohres.

Unter den Verbesserungen, die im Verlaufe dieser neuen Untersuchungen eingeführt wurden, will ich auch die Construction des Motors für das gezahnte Rad anführen. Der Motor mit Schraubenverzahnung, der von Froment construirt war, wurde aufgegeben, da er eine zu beträchtliche bewegende Kraft nöthig hatte. Ich habe die Einrichtung beträchtlich vereinfacht, indem ich die Uhrmechanismen benützte, die im Handel unter dem Namen „roulants carrés" (von 10 bis 12 Centimeter Seite) vorkommen; man nimmt das Echappement und das Zeigerwerk weg und ersetzt das Sperrrad des Echappements durch ein leichteres Rad mit feinerer Verzahnung — ich habe drei Räder mit 104, 116 und 140 Zähnen in Anwendung gebracht.

Indem ich eine starke Feder in das Federhaus einlegte, konnte ich Geschwindigkeiten von 700 bis 800 Umgängen in der Secunde er-

langen. Endlich habe ich noch an der Axe des Minutenzeigers einen electrischen Contact zum Registriren der Geschwindigkeit des Mechanismus, eine Bremse, um diese Geschwindigkeit beliebig reguliren zu können, und ein zweites Federhaus angebracht, wodurch das Zahnrad in eine Rotation in entgegengesetzter Richtung versetzt werden kann. Diese letztere Anordnung hat den Vortheil, gewisse systematische Fehler, die von dem Mechanismus selbst herrühren könnten, zu eliminiren.

Ich will mich nicht lange bei der Beschreibung eines Versuches aufhalten. Der Beobachter, aufmerksam auf die Veränderungen der Intensität des zurückkehrenden Lichtes, überträgt electrische Signale auf den Registrirapparat, einen mit geschwärztem Papier überzogenen Cylinder, auf welchen drei Electromagnete die Signale der Secundenuhr, des Contactes am Mechanismus und des vom Beobachter dirigirten Schlüssels markiren. Im Allgemeinen notirt er das successive Verschwinden des Lichtes, das den Geschwindigkeiten des Zahnrades entspricht, welche sich wie die Reihe der ungeraden Zahlen verändern. Mit Hülfe der Bremsvorrichtung kann man nach Belieben eine beschleunigte oder verzögerte Bewegung des Mechanismus erzeugen oder eine durch mehrere Secunden constant bleibende Geschwindigkeit erhalten.

Trotz der ungünstigen atmosphärischen Verhältnisse in Paris konnte ich oft eine sehr grosse Intensität des zurückgehenden Lichtes mit einer Hydrooxygengaslampe und selbst mit einer einfachen Petroleumlampe erhalten. Die Gesammtzahl meiner Beobachtungen übersteigt Tausend, sie wurden auf Streifen registrirt, die ich die Ehre habe der Academie vorzulegen. Die Arbeit der Reduction war sehr langwierig; auch habe ich nur die vollständigsten und unter günstigen Umständen erhaltenen Beobachtungen benützt, ihre Zahl beträgt etwa sechshundertfünfzig. Eine einfache Rechnungsmethode hat es mir möglich gemacht, aus diesen Registrirungen die Zeit herzuleiten, welche das Licht nöthig hatte, um die doppelte Distanz zwischen beiden Stationen zu durchlaufen. Diese Distanz wurde genau bestimmt und gleich 10310 Meter gefunden mit einem wahrscheinlichen Fehler unter $\pm$ 10 Meter, d. h. mit einer Annäherung von einem Tausendtel. Ich habe selbst diese Messung mit Hülfe einer kleinen Triangulation ausgeführt; es kam mir dabei der Umstand zu statten, dass man vom Belvedere der polytechnischen Schule aus die drei Vorsprünge der Bastionen Nr. 1, Nr. 2 und Nr. 5 der Befestigungen des Mont Valerien wahrnahm. Indem ich mit einem guten Azimuthalkreis die durch diese

drei Puncte gelegten Winkel maass, konnte ich mir durch Rechnung die zur Bestimmung der Distanz der beiden Stationen nothwendigen Daten herstellen; da von den Ingenieuroffizieren die Dimensionen des Forts genau gemessen waren, so konnte ich am Depot des fortifications die Dimensionen der nöthigen Puncte erhalten, was mich der Mühe einer Basismessung überhoben hat.

Andererseits konnte ich auf der Seine-Präfectur zwei Bestimmungen der Distanz bestimmter Puncte des Mont Valerien vom Pantheon finden, deren eine den Operationen der Cataster-Commission, die andere denen der Commission des Planes von Paris entnommen waren. Das Mittel aus diesen drei gut übereinstimmenden Werthen hat die oben adoptirte Zahl ergeben. Sollte später eine complete geodätische Operation eine genauere Distanz der beiden Stationen ergeben, so wäre die Correction, die man an meinen Messungen anzubringen hätte, sehr leicht zu ermitteln.

Die folgende Tabelle gibt das Resultat der definitiven Rechnungen; die Werthe für die Geschwindigkeit des Lichtes, ausgedrückt in Kilometern für die Secunde, sind geordnet nach der Reihenfolge der Verfinsterungen des zurückkommenden Lichtes, aus denen sie abgeleitet wurden.

1.	Verschwinden		
2.	„	302600	(17)
3.	„	297300	(236)
4.	„	298500	(376)
5.	„	298800	(480)
6.	„	297500	(91)
7.	„	300400	(27)

Die Zahlen zwischen Klammern drücken die relativen Gewichte der entsprechenden Werthe aus; sie wurden erhalten, indem man das Product aus der Zahl der Beobachtungen in $2n - 1$ wobei n die Reihenfolge der Verfinsterungen bezeichnet) und in die Coëfficienten 1, 2, 3, 4, je nachdem im Beobachtungs-Journale die Bezeichnungen „hinlänglich gut“, „gut“, „sehr gut“, „ausgezeichnet“ je nach dem Zustande der Luft beigefügt waren, durch 10 dividirte.

Das Gesammtmittel giebt 298400. Multiplicirt man diese Zahl mit dem Brechungsindex der Luft 1,0003, so erhält man die Zahl 298500 Kilometer in der Stunde als den Werth für die Geschwindig-

keit des Lichtes im leeren Raume, abgeleitet aus der Gesammtheit der Beobachtungen. Ich glaube, dass diese Zahl auf $^1/_{300}$ genähert ist.

Die Physiker werden nicht ohne Interesse die Uebereinstimmung dieses Resultates mit dem von Foucault wahrnehmen. Es ist übrigens zu bemerken, dass die Versuche von Foucault eine Verification erforderten, nicht blos weil das Detail der Beobachtungen und des Verfahrens nicht veröffentlicht wurde und so jeder Discussion entgeht, sondern auch weil die Methode mit dem rotirenden Spiegel Veranlassung zu gewichtigen Einwürfen gibt, auf deren Auseinandersetzung ich hier nicht näher eingehen will. Die Methode von Fizeau ist dagegen frei von solchen Einwürfen. Die Astronomen ihrerseits werden in dieser neuen Bestimmung der Geschwindigkeit des Lichtes eine wichtige Bestätigung des Werthes der Sonnenparallaxe 8″,86 erkennen, welche man erhält, wenn man diese Zahl mit der Constante der Aberration verbindet. Dieser Werth wurde auch von Le Verrier durch drei Beobachtungsreihen bezüglich der Bewegung der Planeten, besonders des Mercur und der Venus gefunden. Man sieht, von welcher Wichtigkeit die genaue Bestimmung der Geschwindigkeit des Lichtes auch für die Astronomie ist.

Endlich glaube ich mit Recht behaupten zu dürfen, was auch schon Fizeau bei seinen ersten Untersuchungen angedeutet hat, dass dieselben Versuche ohne viel mehr Schwierigkeiten unter günstigen atmosphärischen und topographischen Umständen für Stationen wiederholt werden könnten, welche 20 bis 30 Kilometer von einander abstehen. Unter diesen Umständen und mit Hilfe einer speciellen geodätischen Operation zweifle ich nicht, dass man eine Bestimmung der Geschwindigkeit des Lichtes auf mindestens ein Tausendtel genau erhalten könnte.

Ueber Latimer's Etalon der electromotorischen Kraft.

Von

M. R. Francisque Michel.

(Les Mondes 1873 Nr. 11.)

Im Jahre 1861 wurde von der Britischen Association eine besondere Commission gewählt mit dem Auftrage, Etalons für den electrischen Widerstand zu construiren und eine rationelle Messungsmethode für electrische Maassbestimmungen herzustellen.

Dieses Comité, welches in den Jahren 1862, 1863, 1864, 1865 und 1867 interessante Berichte erstattete, schlug die Annahme eines Systems von electromagnetischen Einheiten vor, das auf dem Meter und dem Gramm basirt war: die Beziehungen der Einheiten zu einanner sind der Art, dass die Einheit der electromotorischen Kraft, die einen Schliessungskreis von dem Widerstande gleich der Einheit durchläuft, eine Stromeinheit bilden würde. Circulirt diese Stromeinheit eine Zeiteinheit hindurch, so gibt sie die Quantitätseinheit.

Man construirte Etalons der Widerstandseinheit (Ohm. oder B. A-Einheit) und Etalons der electrostatischen Capacität; diese letzteren sind Condensatoren, welche mit der Einheit der electromotorischen Kraft geladen mehrere Male die Quantitätseinheit, die das Farad heisst, enthalten.

Man hat noch keinen Etalon für die electromotorische Kraft construirt, weil sich der practischen Ausführung eines solchen grosse Schwierigkeiten bisher in den Weg stellten. In der That bietet die Anwendung mechanischer Hilfsmittel, wie die Rotation eines Leiters in einem magnetischen Felde von gegebener Intensität zu grosse Schwierigkeiten für den gewöhnlichen Gebrauch. Die thermoelectri-

schen Elemente bieten keine Sicherheit und die gewöhnlichen galvanischen Elemente, welche der bequemste Etalon wären, sind wegen des gänzlichen Mangels an Constanz nicht zu gebrauchen. So ändert sich z. B. das Daniell'sche Element, welches häufig als Einheit angewendet wurde, unter den günstigsten Umständen um 5% und darüber ohne wahrnehmbare Ursache.

Latimer Clark, Mitglied des Comités der Britischen Association, hat in der Ueberzeugung, dass gleiche Combinationen unter vollkommen identischen Umständen immer eine gleiche electromotorische Kraft liefern werden, während vier Jahren eine Versuchsreihe unternommen, in Folge deren er ein Element construirte, welches eine vollkommen constante und gleichförmige electromotorische Kraft besitzt.

Das Element besteht aus reinem Quecksilber als negativer Pol; es ist bedeckt mit einem Teige, der aus Quecksilbersulfat besteht, der in einer gesättigten Lösung von Zinksulfat gekocht wurde: der positive Pol ist ein Zinkstreifen, der auf diesem Teige aufliegt. Das beste Mittel, dieses Element herzustellen, besteht darin, dass man reines Zinksulfat in kochendem destillirten Wasser löst. Nach dem Erkalten nimmt man die Krystalle weg, welche liegen geblieben sind, und fügt reines Quecksilbersulfat hinzu, bis man eine teigartige Masse erhält, die man von Neuem kocht, um alle darin enthaltene Luft auszutreiben. In diesen Teig, den man auf die Oberfläche des zuvor erwärmten Quecksilbers bringt, hängt man einen Streifen von reinem Zink. Man schliesst nun das Gefäss und verkittet die Oeffnungen mit geschmolzenem Paraffin.

Der Contact mit dem Quecksilber kann hergestellt werden, indem man einen Platindraht durch eine Glasröhre führt, die durch die ganze Masse hindurch geht, oder noch besser indem man den Platindraht sogleich in den Boden des gläsernen Gefässes einschmilzt, das den Apparat enthält. Das verwendete Quecksilbersulfat ($Hg\ O^2$, SO^3) kommt im Handel vor. Man kann es darstellen, indem man in der Wärme etwas Quecksilber in Schwefelsäure löst und erhält so ein fast unlösliches Salz in Form eines weissen Pulvers, welches noch mit destillirtem Wasser gewaschen wird. Man muss Quecksilbersulfat anwenden, das vollkommen frei von Persulfat ist, dessen Gegenwart man daran erkennt, dass es in Berührung mit Wasser gelb wird.

Die electromotorische Kraft der so hergestellten Elemente ist vollkommen constant und gleichförmig. Latimer Clark hat eine lange

Reihe von Vergleichungen mit einer grossen Anzahl von Elementen angestellt, von denen mehrere schon einige Monate alt waren, und gefunden, dass die grösste Veränderung, die sie zeigten, geringer ist als $^1/_{1000}$ der gesammten electromotorischen Kraft des Elementes. „Eine relativ so beträchtliche Differenz," sagt der Autor, „ist ganz ungewöhnlich und muss in den Temperaturschwankungen ihren Grund haben."

Um nun die von der Temperaturänderung herrührenden Variationen der eletromotorischen Kraft zu bestimmen, hat Latimer Clark sehr genaue Versuche angestellt, aus denen sich ergab, dass die electromotorische Kraft für jede Temperaturzunahme von 1 Centigrad um 0,06 % abnimmt. So hat z. B. ein Element die folgenden relativen Werthe ergeben: 0,9993 bei 0° und 0,9412 bei 100 Grad. Zwischen diesen Grenzen von 0 und 100 Grad scheint die Abnahme der electromotorischen Kraft proportional der Temperaturerhöhung stattzufinden.

Man kann übrigens diese Art Elemente nicht zur practischen Herstellung von Strömen verwenden, denn schliesst man das Element durch einen Schliessungskreis von geringem Widerstand, so nimmt seine Energie rasch ab. Allein es eignet sich vollkommen als Etalon für die Auswerthung der electromotorischen Kraft, als Element zur Vergleichung mit anderen, es mag diese Vergleichung mit einem Condensator oder einem Electrometer oder mittelst anderer Verfahrungsweisen geschehen, welche keinen Strom von langer Dauer erfordern. Die Anwendung des von Latimer Clarke erfundenen Potentiometers bietet sicher die beste Methode für diese Maassbestimmungen.

Es war nöthig, die electromotorische Kraft dieser Elemente in absolutem Maasse und in der Einheit der Britischen Association zu bestimmen. Zu diesem Behufe hat Latimer Clark eine Beobachtungsreihe mittelst des für die Britische Association construirten Electrodynamometers (beschrieben in seinem Berichte von 1867) und mittelst einer Sinusbussole von besonderer Construction angestellt; wir werden darauf bei einer anderen Gelegenheit zurückkommen.

Die electromotorische Kraft dieses Elementes wurde gleich 1,457 Volt d. i. 145700 absoluten electromagnetischen Einheiten gefunden.

Für diese Versuche hat der Autor eine neue Methode erdacht, welche mit grosser Leichtigkeit eine merkwürdige Präcision verbindet.



Die practische Reproduction des Volt oder der Einheit für die electromotorische Kraft ist allerdings in der Praxis von weit geringerer Wichtigkeit als die Herstellung der Widerstands-Einheit. Doch bietet sie für gewisse Anwendungen ein besonderes Interesse. Wir haben übrigens in dieser kurzen Mittheilung blos in summarischer Weise mit den Arbeiten der Engländer auf diesem Gebiete bekannt machen wollen. In einer weiteren Mittheilung werden wir eine vollständige Beschreibung der ganzen Arbeit geben, welche Latimer Clark über diesen Gegenstand ausgeführt hat.

Ueber das Gesichtsfeld des Galilei'schen Fernrohres.

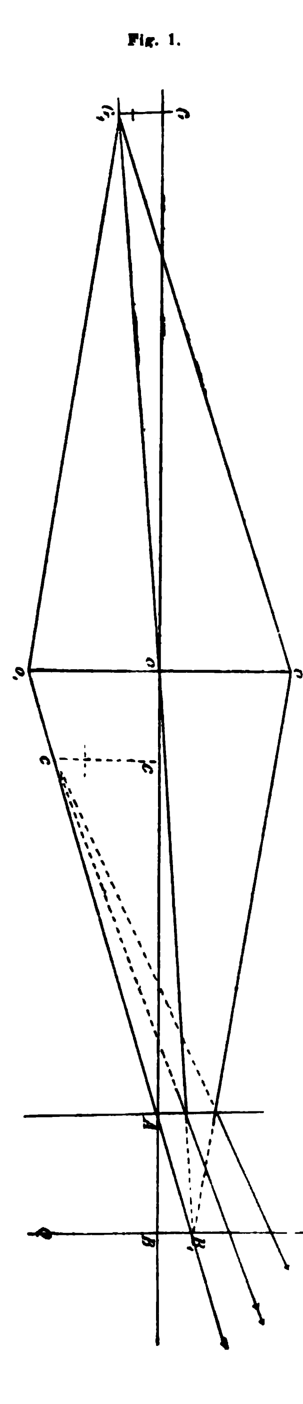
Von

C. Bohn.

In dieser Zeitschrift VIII. 336 hebt Herr Lubimoff die Unzulänglichkeit der in den Lehrbüchern vorkommenden Angaben über das Gesichtsfeld des Galilei'schen Fernrohrs hervor und findet durch seine Untersuchung, das Gesichtsfeld sei der Oeffnung des Objectivs direct, der Länge des Fernrohrs und der Vergrösserung verkehrt proportional. Hiernach hätte die Pupillenweite gar keinen Einfluss. Das ist nicht richtig, wie aus der nachfolgenden Darstellung erhellen wird. Diese stimmt überein mit der, welche ich seit Jahren in meinen Vorlesungen gebe, die zu veröffentlichen ich aber bisher keine Veranlassung sah, da ich erst durch die oben angeführte Abhandlung auf die in den Lehrbüchern herrschende Unklarheit oder Unvollständigkeit aufmerksam wurde.

Sei O das Objectiv und $OO_1 = a$ der Halbmesser seiner Oeffnung, A das Ocular, Q sei die Ebene, in welcher das reelle Bild des Gegenstandes G entstehen würde, wenn das Ocular nicht vorhanden wäre; diese Ebene nenne ich kurz die Bildebene. Zieht man einen Kegel über dem Objectiv als Grundfläche und dem optischen Mittelpunct A des Oculars als Spitze, so schneidet diese verlängerte Kegelfläche aus der Bildebene einen gewissen Kreis, vom Halbmesser $BB_1 = x$. Das zerstreuende Ocular macht, dass die vom Puncte G_1 (liegt mit B_1 bekanntlich auf der durch den optischen Mittelpunct O des Objectivs gezogenen Geraden) ausgehenden Strahlen, welche nach der Brechung im Objective nach dem Bildpuncte B_1 zielen, so auseinander gehen, als kämen sie von dem virtuellen Bildpuncte C_1, welcher in der deutlichen Sehweite vor dem Auge liegen soll. Das Auge wird im optischen Mittelpunct A des Oculars gedacht. Die Grenzen

Fig. 1.



des Strahlenkegels, der von G_1 herrührt, nachdem er das Ocular durchsetzt hat, sind in der Figur angegeben und mit einer Pfeilspitze versehen, der Hauptstrahl aus G_1 mit einer doppelten Pfeilspitze.

Verfolgt man zeichnend den Weg der Strahlen durch das Fernrohr, welche von einem Puncte der Ebene GG_1 ausgehen, der weiter als G_1 von der Axe abliegt, so erkennt man sehr leicht, dass sämmtliche Strahlen neben dem optischen Mittelpunct A des Oculars vorbeigehen. Nimmt man nun die Pupillenweite des in A stehenden Auges unendlich klein an, so ist ersichtlich G_1 an der Grenze des Gesichtsfelds gelegen, wenn man zum Gesichtsfelde noch jene Puncte zählt, von welchen auch nur ein einziger Strahl in das Auge gelangt. Das Gesichtsfeld ist also in diesem Falle ein Kegel, dessen Spitze der optische Mittelpunct des Objectives und dessen Grundfläche der Kreis in der Bildebene Q ist, welchen ein Kegelmantel ausschneidet, dessen Spitze im optischen Mittelpunct des Oculars (A) liegt und dessen Seitenlinien den Umfang des Objectives berühren. Die halbe Oeffnung dieses Kegels wird durch den Winkel $G_1 O G = B_1 O B = \frac{\varphi_1}{2}$ gemessen. Und es ist:

1) $\operatorname{tg} \frac{\varphi_1}{2} = \frac{BB_1}{OB} = \frac{x}{b}$, wenn b die zur Gegenstandsweite $OG = g$ gehörige Bildweite OB des Objectivs ist.

Ferner 2) $BB_1 = BA . \frac{OO_1}{OA} = \gamma \frac{a}{l}$

$= \gamma \frac{a}{b-\gamma}$, wenn mit γ die Entfernung BA des Oculars vor dem reellen Bilde, mit l die Länge des Fernrohres bezeichnet wird.

Demnach ist 3) $\operatorname{tg} \frac{\varphi_1}{2} = \frac{a\gamma}{bl}$

Bezeichnen F und f die Hauptbrennweite des Objectivs und die Hauptzerstreuungsweite des Oculars, und bezeichnet β die deutliche Sehweite AC, so berechnen sich aus der dioptrischen Hauptformel:

$$b = \frac{gF}{g-F} \text{ und } \gamma = \frac{\beta f}{\beta - f},$$

welche Werthe in 2) und 1) eingesetzt liefern:

$$3^a) \operatorname{tg} \frac{\varphi_1}{2} = a \frac{\frac{\beta f}{\beta - f}}{\frac{gF}{g-F}\left(\frac{gF}{g-F} - \frac{\beta f}{\beta - f}\right)}$$

Wird im Besondern vorausgesetzt, der Gegenstand GG_1 sei unendlich ferne, so wird seine conjugirte Brennweite $OB = b$ zu F und wird weiter angenommen, das Auge sei unendlich weitsichtig, so wird die Entfernung γ der Zerstreuungslinse vor dem reellen Bilde zur Hauptzerstreuungsweite f dieses Glases. Mit diesen Annahmen wird aber die Formel 3^a) zu

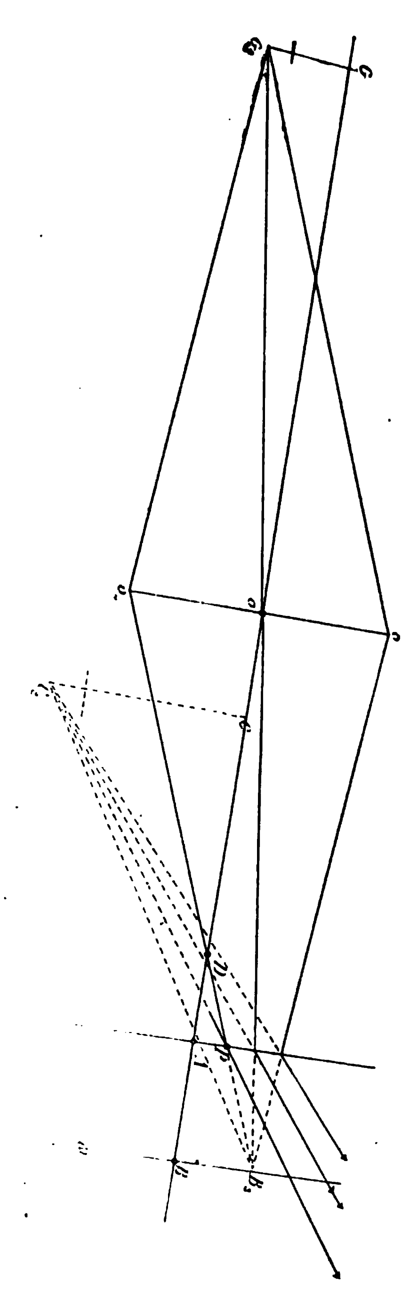
$$4) \operatorname{tg} \frac{\Phi_1}{2} = a \frac{f}{F(F-f)}.$$

Das ist im wesentlichen der von Herrn Lubimoff gegebene Ausdruck für die Grösse des Gesichtsfeldes, nur hat dieser annähernd die doppelte Tangente des halben Winkels dem Winkel selbst proportional genommen.

Man sieht also, unter welchen Voraussetzungen allein die von Jenem gegebene Formel richtig ist, nämlich 1) die gewöhnliche Annahme unendlich fernen Gegenstands und unendlich weitsichtigen Auges, 2) Begrenzung des Gesichtsfeldes durch jene Puncte, von welchen auch nur ein einziger Strahl ins Auge gelangt, 3) Stellung des Auges im optischen Mittelpuncte des Oculars, 4) unendlich kleine Weite der Pupille.

Ist nun die letzte Voraussetzung nicht zutreffend, der Halbmesser der Augenöffnung nicht verschwindend klein, so gelangt vom Punct G_1 des Gegenstands nicht nur der eine Strahl ins Auge, sondern noch

Figur 2.



andere Strahlen. Zugleich kommen aber auch Strahlen in das Auge, welche von Gegenstandspuncten herrühren, die in der Ebene GG_1 weiter von der Axe des Fernrohres abliegen als G_1, d. h. durch die Erweiterung der Pupille vergrössert sich das Gesichtsfeld. Es ist also, da die Pupille niemals ein mathematischer Punct ist, jedenfalls unrichtig, das Gesichtsfeld durch einen Ausdruck zu bemessen, der von der Pupillenöffnung unabhängig ist.

Suchen wir nun die Formel für das Gesichtsfeld, welche die endliche Grösse der Augenöffnung berücksichtigt, wobei zunächst wieder jeder Punct zum Gesichtsfelde gezählt werden möge, von dem auch nur ein einziger Strahl durch die Pupille geht. Das Auge sei so gestellt, dass der Mittelpunct der Pupille mit dem optischen Mittelpunct des Oculars zusammenfällt, der Halbmesser der Augenöffnung sei p, in der folgenden Figur durch AP angegeben und das Ocular habe mindestens eine der Pupille gleiche Oeffnung.

Die Figur erklärt sich aus der vorigen, die Bezeichnungen sind übereinstimmend. Man denke eine Kegelfläche, deren Spitze auf der Axe zwischen Objectiv und Ocular, im inneren Aehnlichkeitspunct des Objectivkreises und des Pupillenkreises liegt und deren Leitcurven Objectiv- und Pupillenumfang sind. Diese Fläche schneidet aus der Bildebene Q einen

Kreis vom Halbmesser $BB_2 = x$. Dieser Kreis gibt die Grenze des Gesichtsfeldes, denn man findet leicht durch Zeichnung, dass, wenn man von einem Puncte, der in der Gegenstandsebene GG_2 weiter als G_2 von der Axe abliegt, einen Strahlenkegel durch die zwei Linsen gehen lässt, dieser nach dem Austritt aus dem Ocular gänzlich neben der Pupillenöffnung vorbeigeht, während von dem aus G_2 herrührenden Strahlenkegel gerade noch ein Strahl (der länger gezeichnete mit einer Pfeilspitze versehene) am Rande P der Pupille vorbei in das Auge dringt. Das Gesichtsfeld ist also der Kegel, dessen Spitze im optischen Mittelpuncte des Objectives liegt und dessen Grundfläche der Kreis ist (vom Halbmesser BB_2), welchen aus der Bildebene Q ein Kegel ausschneidet, dessen Spitze zwischen Ocular und Objectiv auf der Axe liegt und dessen Mantel den Rand des Objectivs und der Pupille (oder des nützlichen Oculartheils) berührt.

Die halbe Oeffnung des Gesichtsfeldkegels ist der Winkel $B_2OB = C_2OC = \frac{\varphi_2}{2}$ und es ist wenn noch AD durch y bezeichnet wird

$$\operatorname{tg} \frac{\varphi_2}{2} = \frac{x}{b}$$

$$\frac{x}{\gamma + y} = \frac{p}{y} = \frac{a}{l - y}$$

wo b, γ und l die frühere Bedeutung haben.

Hieraus folgt sehr einfach:

$$5)\quad \operatorname{tg} \frac{\varphi_2}{2} = \frac{p(\gamma + l) + a\gamma}{bl} = \frac{p}{l} + \frac{a\gamma}{bl}$$

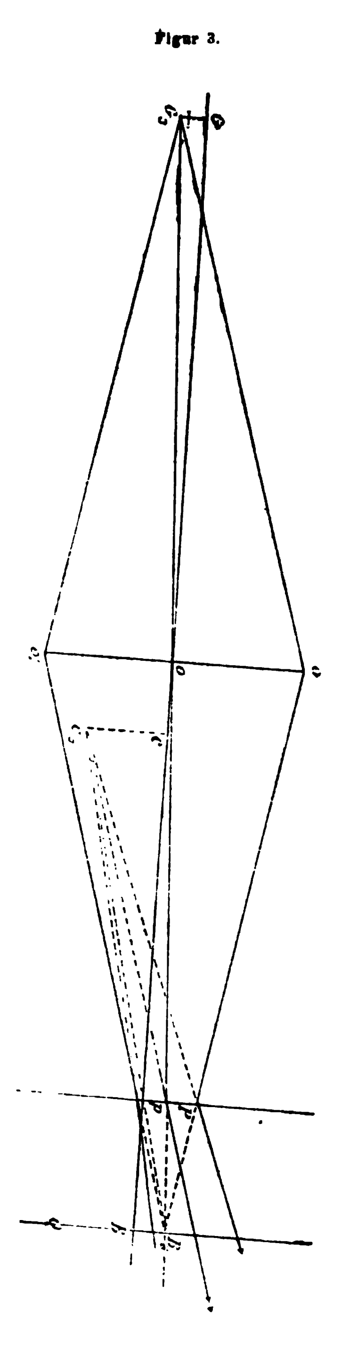
worin nur die nach der dioptrischen Hauptformel schon berechneten Werthe von γ, b und l einzusetzen sind.

Im besonderen Falle unendlich entfernten Gegenstandes und unendlich weitsichtigen Auges wird b zu F, γ zu f und l zu $F - f$, welches in 5) eingesetzt liefert:

$$6)\quad \operatorname{tg} \frac{\Phi_2}{2} = \frac{pF + af}{F(F - f)}$$

Der Unterschied der Formeln 5) und 6) gegen die Formel 3) und 4), welche letztere bei gleicher Begrenzungsweise des Gesichtsfeldes dem Auge eine unendlich enge Pupille zuschreiben, ist leicht zu übersehen: Die Tangente des halben Oeffnungswinkels des Gesichtsfeldes ist um den Pupillenhalbmesser (p) dividirt durch die Fernrohrlänge (l) beziehungsweise ($F - f$) grösser, als wenn die Pupille als ein Punct angesehen wird.

Figur 3.



Bisher ist jeder Punct, von welchem auch nur ein einziger Strahl in das Auge gelangte, noch in das Gesichtsfeld gerechnet worden. Nimmt man aber, wie Euler that, nur jene zum Gesichtsfelde, von welchen noch der Hauptstrahl in das Auge dringt, so ergibt sich die Grenze des Gesichtsfeldes ganz so wie sie Euler angab und wie sie in den meisten Lehrbüchern vorgetragen wird.

Denn die Figur zeigt, dass G_3 der in der Ebene GG_3 am weitesten von der Axe entfernte Punct ist, von welchem aus noch ein Hauptstrahl (doppelte Pfeilspitze) dicht am Rande P der Pupille hergehend in das Auge gelangt. Verfolgt man zeichnend den Weg der von einem in der Ebene GG_3 weiter als G_3 von der Axe gelegenen Puncte ausgehenden Strahlen, so überzeugt man sich, dass der Hauptstrahl neben die Pupille fällt. Das in dieser Weise (Hauptstrahlen) begrenzte Gesichtsfeld ist also der Kegel, dessen Spitze der optische Mittelpunct des Objectivs und dessen Grundfläche die Pupille (der nützliche Theil des Oculars) ist. Der halbe Oeffnungswinkel desselben ist $G_3OG = B_3OB = POA$ und nach unserer Bezeichnungsweise ist

$$\operatorname{tg}\frac{\varphi_3}{2} = \frac{BB_3}{OB} = \frac{PA}{OA}$$

oder 7) $\operatorname{tg}\frac{\varphi_3}{2} = \frac{p}{l}$

Für unendlich fernen Gegenstand und unendlich weitsichtiges Auge wird aber $l = F - f$ und dies eingesetzt wird:

$$8)\quad \operatorname{tg}\frac{\Phi_3}{2} = \frac{p}{F-f}.$$

Der Vergleich dieser Euler'schen Formeln 7) und 8) mit den Formeln 5) und 6) lehrt, dass die Tangente des halben Oeffnungswinkels des Gesichtsfeldkegels um den Quotienten aus dem Oeffnungshalbmesser des Objectivs und dem Producte aus Fernrohrlänge und Vergrösserungszahl wächst, wenn man ausser den Puncten, welche Hauptstrahlen ins Auge senden, auch noch jene als innerhalb des Gesichtsfeldes gelten lässt, von welchen nur ein einziger Strahl ins Auge gelangt.

Bewegt man das Auge vor dem Oculare, dessen Oeffnung grösser als die der Pupille gedacht wird, so lässt sich für jede Stellung des Pupillenmittelpunctes in ähnlicher Weise wie vorher das Gesichtsfeld als ein Kegel finden, wobei man entweder die Begrenzung wie Euler machen kann, oder noch alle Puncte, von denen überhaupt noch Licht zum Auge gelangt, hinzurechnen mag. Die Einhüllungsfläche all' jener Kegel schneidet die Bildebene (oder die Ebene des Gegenstandes) in den Grenzpuncten des grösstmöglichen mit dem Fernrohr erzielbaren Gesichtsfeldes.

Die wirkliche Grösse des Gesichtsfelds wird geringer sein, als sie sich nach Formel 5) berechnet, indem die in jener Formel als Grenzen genommenen Puncte wohl nicht mehr wahrgenommen werden, da von ihnen nur ein einziger Strahl in das Auge gelangt. Die wirklichen Grenzen können nicht scharf bestimmt sein; sie hängen ab von der Helligkeit der dort befindlichen Gegenstände, von denen nur eine kleine Anzahl Strahlen in das Auge kommen kann und von der grösseren oder geringeren Aufmerksamkeit, die der Beobachter den Grenzbezirken zuwendet. Andrerseits wird das Gesichtsfeld im Versuche grösser ausfallen, als es sich berechnet, wenn man nur jene Puncte hineinzählt, deren Hauptstrahlen das Auge erreichen.

Blickt man durch ein Galilei'sches Fernrohr (die Blenden denke ich, falls ihre Oeffnungen zu klein sind, entfernt) nach dem gleichförmig hellen Himmel, so sieht man einen Kreis, dessen Rand ganz undeutlich und dunkel ist. Aber auch abgesehen davon, dass dieser Kreis nahe am Rande sehr dunkel erscheint, sieht er nicht gleichförmig hell aus. Sondern ein centraler Fleck, dessen Halbmesser beiläufig $^1/_3$ so gross ist, als der des ganzen Gesichtskreises, zeigt eine

andere Helligkeit als der benachbarte Theil des äusseren Rings. Ein glänzend heller, schmaler Ring, nach innen scharf begrenzt, nach aussen allmählig abdunkelnd, säumt den centralen Fleck ein und halte ich diesen Ring für einen Beugungsstreifen. Der Helligkeitsunterschied des centralen und des äusseren Theils ist desto erheblicher, je grösser die Objectivöffnung ist. Mir erscheint der mittlere Fleck zuweilen heller, zuweilen dunkler als der benachbarte Randtheil. Diess veranlasste mich andere Beobachter zu befragen, die durchaus keine theoretische Voreingenommenheit haben konnten. Die meisten hielten den Innenkreis für dunkler, nur eine Beobachterin erklärte ihn constant für heller. Da die in der Mitte befindlichen Puncte den ganzen Strahlenkegel in das Auge senden, die weiter abstehenden Puncte aber einen desto kleineren Theil des Strahlenkegels je näher sie dem Rande kommen, so ist zu erwarten, dass die Mitte heller sei und die gegentheilige Ansicht kann nur auf Täuschung beruhen, die wohl von dem hellen nach innen scharf begrenzten, nach aussen verwaschenen Beugungsstreifen herrührt. Ich bin durch Uebung dahin gelangt, nach Willkür die Mitte heller oder dunkler als den Randring zu beurtheilen; — es kommt darauf an, welcher Theil vom Blicke fixirt wird. Sehe ich unbefangen in das Fernrohr, so erscheint fast stets die Mitte im ersten Augenblick heller und erst später unterliege ich der Täuschung und fälle das entgegengesetzte Urtheil.

Ist das Gesichtsfeld nicht vom gleichförmigen Himmel, sondern von die Aufmerksamkeit beanspruchenden Gegenständen erfüllt, so erscheinen zwar die Gegenstände nahe am Rande merklich dunkler, allein den nicht auf Helligkeitsvergleichungen eingeübten Beobachtern ist der kreisförmige centrale Fleck verschwunden. Ich selbst bemerke ihn jedoch bei einiger Aufmerksamkeit deutlich, namentlich beim Bewegen und zwar erscheint mir, im Widerspruch mit der theoretischen Erwartung ein leichter Schatten in der Mitte des Gesichtsfelds.

Ich habe mit zwei guten Operngucken Messungen über die wirkliche Grösse des Gesichtsfelds angestellt und dieses ferner aus den nöthigen Angaben nach Formel 5) berechnet. Das Fernrohr wurde auf einen in gemessener Entfernung stehenden Gegenstand (getheilte Latte oder Tapetenmuster) bestmöglich eingestellt, so dass der Gegenstand in den Einzelheiten die grösste Deutlichkeit hatte. Bei wiederholten Einstellungen desselben Fernrohres auf den gleichen Gegenstand in unveränderter Entfernung variirte die Fernrohrlänge bis zu

2 Millimeter. In der That ist die Einstellung ziemlich willkürlich. Meine innere Accomodationsgränze finde ich durch den Scheiner'schen Versuch gleich 200 Millimeter, hingegen pflege ich beim Schreiben und Lesen das Papier in 300, beim Zeichnen und dergleichen in 250 bis 280 Millimeter Entfernung zu halten. — Der Durchmesser des Gesichtsfelds wird an der getheilten Latte, beziehungsweise dem Tapetenmuster festzustellen versucht. Das ist sehr schwer und fällt bei Wiederholungen, selbst bei ungeänderter Fernrohrlänge, ziemlich verschieden aus. Einmal weil die Grenzen, wie schon erörtert, in der That nicht bestimmt sind, dann weil man nie entgegengesetzt liegende Randpuncte gleichzeitig direct sieht und der Augen-Axe daher eine Drehung zu geben ist, um nach einander die Endpuncte des Durchmessers deutlichst zu sehen. — Mit einem vorzüglichen Stangenzirkel bestimmte ich den Abstand der äusseren Fläche des Objectivs und des Oculars in der Mitte. Die Objective (achromatische) beider Operngucker sind planconvex, der optische Mittelpunct fällt also an die gewölbte Aussenseite; die Oculare sind beiderseits gleich gekrümmt. Der Abstand des optischen Mittelpunctes beider Linsen wird also gefunden, wenn man von der gemessenen Länge die halbe Dicke des Oculars in der Mitte (0,55 Millimeter bei dem einen, 2^{mm} bei dem andern) abzieht. In den nachfolgenden Angaben ist der Abzug schon gemacht. — Die Objectivöffnungen sind mit einem Zirkel gemessen. Die angenommenen Hauptbrennweiten sind die mittleren Rechenergebnisse aus je einem Dutzend beobachteter conjugirter Brennweiten. Den Halbmesser der Pupille nahm ich stets zu $2{,}5^{mm}$ an, wie ich ihn bei Messungen mit dem Zirkel vor einem Spiegel wiederholt fand. — Aus der beobachteten Gegenstandsweite g und der bekannten Hauptbrennweite F berechnet sich leicht die Bildweite b, aus dieser und der Fernrohrlänge l die Entfernung γ des Oculars vor dem Orte des reellen Bilds. Die drittletzte Columne gibt die Tangente des halben Oeffnungswinkels des beobachteten Gesichtsfelds, $\frac{\psi}{2}$, gefunden durch Division der Gegenstandsweite g in den halben beobachteten Durchmesser $\frac{d}{2}$ des Gesichtsfelds.

	a	F	g	b	l	γ	p	d	$\frac{p}{l}+\frac{a\gamma}{bl}=\operatorname{tg}\frac{\varphi}{2}$	$\frac{d}{2g}=\operatorname{tg}\frac{\psi}{2}$	φ	ψ
1	19,5	160,65	19640	161,97	113,25	48,72	2,5	2000	0,0220 + 0,0518 = 0,0738	0,0509	8° 26′	5° 50′
2	„	„	19640	161,97	113,00	48,97	„	1700	0,0221 + 0,0521 = 0,0743	0,0483	8° 29′	4° 58′
3	„	„	11000	163,03	113,20	49,83	„	925	0,0220 + 0,0527 = 0,0747	0,0420	8° 33′	4° 49′
4	„	„	7000	164,42	116,15	48,27	„	580	0,0215 + 0,0193 = 0,0708	0,0414	8° 06′	4° 45′
5	„	„	4450	166,66	112,90	53,76	„	450	0,0221 + 0,0557 = 0,0778	0,0506	8° 54′	5° 48′
6	„	„	4200	167,04	117,65	49,39	„	415	0,0213 + 0,0490 = 0,0703	0,0490	8° 03′	5° 37′
7	„	„	4200	167,04	113,45	53,59	„	390	0,0220 + 0,0551 = 0,0772	0,0464	8° 50′	5° 19′
8	„	„	3000	169,74	119,75	49,99	„	250	0,0208 + 0,04796 = 0,0688	0,0417	7° 52′	4° 47′
9	11.5	76,4	19640	76,69	53,15	23,54	„	2500	0,0470 + 0,0664 = 0,1134	0,0636	12° 56′	7° 17′
10	„	„	11000	76,935	53,5	23,436	„	1400	0,0467 + 0,0655 = 0,1122	0,0636	12° 49′	7° 17′
11	„	„	11000	76,935	51,65	25,285	„	1450	0,0484 + 0,0732 = 0,1216	0,0657	13° 52′	7° 31′
12ᵃ	„	„	7000	77,176	54,7	22,476	„	970	0,0457 + 0,0602 = 0,1069	0,0692	12° 12′	7° 55′
12ᵇ	„	„	„	„	„	„	„	850	„ „	0,0607	„	6° 57′
13	„	„	4450	77,735	51,3	26,435	„	640	0,0487 + 0,0765 = 0,1252	0,0719	14° 16′	8° 14′
14	„	„	4450	77,735	53,8	23,935	„	600	0,0465 + 0,0658 = 0,1123	0,0674	12° 49′	7° 43′
15	„	„	4170	77,83	53,2	24,63	„	520	0,0470 + 0,0708 = 0,1178	0,0623	13° 26′	7° 08′
16	„	„	3000	78,396	56,1	22,296	„	380	0,0446 + 0,0583 = 0,1029	0,0633	11° 45′	7° 15

Die Versuche 12[a] und 12[b] zeigen, wie verschieden unter sonst gleich bleibenden Umständen die Bestimmung des wirklichen Gesichtsfelds ausfallen kann, die Versuche 6 und 7, 10 und 11, 13 und 14 zeigen, wie verschieden die Einstellungen auf gleiche Entfernung des Gegenstands sein können; noch deutlicher wird dies, wenn man sieht, dass in Versuch 4 auf einen entfernteren Gegenstand das Fernrohr weiter ausgezogen war, als in 5 und 7 bei Einstellung auf geringere Entfernung.

Das wirkliche Gesichtsfeld wird etwas mehr als halb so gross gefunden, als jenes, das nach den Voraussetzungen und mit der Formel 5) berechnet ist. Ein constantes Verhältniss zwischen beobachtetem und berechnetem zeigte sich nicht, ist auch wegen der Unsicherheit des ersteren nicht zu erwarten gewesen. Bei dem grösseren Operngucker ist das beobachtete Gesichtsfeld etwa doppelt so gross, als das durch die Hauptstrahlen begrenzte, bei dem kleineren Fernrohr aber nur etwa $1^1/_2$ mal so gross. Hingegen ist bei beiden Instrumenten das beobachtete Gesichtsfeld nicht sehr verschieden von dem durch die Objectivöffnung bedingten, nach dem zweiten Theile der Formel 5) berechneten.

Aschaffenburg den 9. April 1873.

In Bezug auf den Artikel des Herrn N. Lubimoff:

(„Neue Theorie des Gesichtsfeldes und der Vergrösserung der optischen Instrumente.“)

Von

Th. Bredichin.

Herr Lubimoff bemerkt in seinem in den Schriften der Moskauer mathematischen Gesellschaft und in dem Bulletin der Moskauer Naturforscher-Gesellschaft vor Kurzem veröffentlichten Artikel, dass die allgemein angenommene Theorie von dem Gesichtsfelde des Galilei'schen Fernrohres ein grober, aus einem in das andere Lehrbuch übergegangener Fehler sei, „ohne aufmerksame Kritik auf sich zu ziehen.“ Hierauf stellt er sich die Aufgabe, die wahre Theorie der Erscheinung darzulegen, und geht dabei von dem Grundsatz aus, dass man den, das Bild gebenden Apparat als eine Oeffnung oder ein Fenster, durch welches wir sehen, betrachten müsse, und das Bild als einen auf eine gewisse Art dahinter aufgestellten Gegenstand. Bei diesem Vergleiche spielt also der helle, durch das Galilei'sche Fernrohr gesehene Kreis, der Kreis, in welchem die zu beobachtenden Gegenstände liegen, die Rolle eines Fensters. Diesen Kreis hält der Verfasser für ein virtuelles, wegen der Nähe des Auges nicht ganz scharf begrenztes Bild der Objectivöffnung, welches von dem zerstreuenden Ocularglas herrührt.

Die Bedeutung des Objectivbildes (cercle annulaire von Biot) und dessen Anwendung zur Bestimmung des Gesichtsfeldes und der Vergrösserung ist schon längst bekannt (S. u. a. Mossotti, Teoria nuova degli stromenti ottici pgg. 53, 64, 67, 112).

Doch hier ist diese Anwendung nicht fehlerfrei. Da nun überhaupt vom Mittelpuncte einer Linse aus, sagt der Verfasser, jeder Gegenstand unter demselben Winkel wie sein Bild gesehen wird, so

können wir als Maass für die Winkelgrösse des Durchmessers jenes hellen Fensters (vorausgesetzt, dass das Auge am optischen Mittelpuncte des Oculars sich befindet) annäherungsweise den Quotienten nehmen, welcher mittelst Division des Objectivdurchmessers durch die Entfernung des Objectivs vom Ocular erhalten wird.

Offenbar wird hierbei die Grösse der Pupille als eine unmessbar kleine, als ein Punct angesehen, und das ist fehlerhaft.

Da das Fernrohr um n-mal vergrössert, so hat man den obigen Ausdruck durch n zu dividiren, und die Grösse des wahren Gesichtsfeldes des Galilei'schen Fernrohrs, ausgedrückt in Graden, wird nach dem Autor sein

$$\frac{360^0}{2\pi} \frac{D}{F_1 - F_2} \cdot \frac{F_2}{F_1}.$$

D ist hier der Durchmesser des Objectivs, F_1 und F_2 die Focalabstände des Objectivs und des Oculars. Diese Formel und die mit ihr verbundene Vorstellung von dem Fernrohr als von irgend einem Fenster, wird als eine neue, wahre Theorie vom Fernrohr dargestellt. Zu gleicher Zeit wird angenommen, dass die Grösse des Oculars keinen Einfluss ausübe auf die Grösse des Gesichtsfeldes, und die Verschiebung des Auges durchaus nicht die ihr gewöhnlich zugeschriebene Bedeutung habe, das heisst, nicht fähig sei, ein viel grösseres Gesichtsfeld sehen zu lassen als das, was die Formel giebt. Dass in den Lehrbüchern der Physik, wenigstens in denjenigen, aus welchen der Autor Citate giebt, und dass in einigen Werken über Optik die Lehren von dem Gesichtsfelde des Galilei'schen Fernrohres etwas unbestimmt oder oberflächlich mitgetheilt sind, das ist unzweifelhaft richtig: hierauf hat auch unter anderen der bekannte Physiker Mossotti seine Aufmerksamkeit gerichtet. In seinem schon oben erwähnten Werke weist er auf die vor verhältnissmässig kurzer Zeit stattgefundene Verbreitung einer ungenauen Auffassung über das Gesichtsfeld des genannten Instrumentes hin. Nach dem Artikel des Herrn Lubimoff jedoch zu urtheilen, kann oder muss sogar der Leser die Ueberzeugung gewinnen, dass bisher in der Wissenschaft noch gar keine richtige Theorie über das Galilei'sche Telescop existirt hat. Eine solche Folgerung würde aber durchaus unbegründet sein. In der Wissenschaft existirt seit sehr langer Zeit, beinahe schon ein halbes Jahrhundert, eine richtige Theorie nicht blos des Galilei'schen, sondern auch anderer Telescope. Man kann ausführliche Lehrbücher der Optik

anführen, in welchen diese Theorie vollkommen richtig entwickelt ist, wie z. B. die Abhandlung von Lloyd: A treatise on light and vision 1831; die bekannte Abhandlung von Mossotti: Nuova teoria degli stromenti ottici 1857, welche z. B. der verstorbene Professor Braschmann seinen Vorlesungen über Optik zu Grunde legte, Coddington u. a. Kurz, es giebt eine vollständige Theorie des Galilei'schen Fernrohrs. Nach dieser Theorie stellt sich die Grösse des Gesichtsfeldes des Fernrohrs, wenn wir sie durch G ausdrücken und wenn wir zur Bezeichnung gleicher Grössen in den verschiedenen Abhandlungen dieselben Buchstaben nehmen, folgendermaassen dar:

$$\operatorname{tg} \tfrac{1}{2} G = \left[\frac{D}{2\, F_1 - F_2} \cdot \frac{F_2}{F_1} + \frac{d}{F_1 - F_2}\right]$$

wo d die Oeffnung des Oculars bezeichnet und die übrigen Buchstaben dieselben wie bei dem Autor der neuen Theorie bleiben.

Da G gewöhnlich nicht gross ist, so kann man schreiben:

$$G = \frac{360}{2\,\pi} \left[\frac{D}{F_1 - F_1} \cdot \frac{F_2}{F_1} + \frac{d}{F_1 - F_2}\right] \quad \ldots \quad (A).$$

Dieses G ist das Gesichtsfeld, welches das Auge bei feststehendem Fernrohr durch das Ocular nach jeder Richtung hin sehen kann. Dies könnte man das volle, überhaupt mögliche Gesichtsfeld nennen. Die Grösse, welche die Formel A unabhängig von der Subjectivität des Beobachters ergiebt und welche die Grösse des Oculars und des Objectivs, so wie die Länge des Fernrohrs und seine Vergrösserung enthält, können wir sehr gut als Maassstab zur Prüfung des gegebenen Instrumentes nehmen. Diese Formel enthält so zu sagen eine vollständige Beschreibung aller Eigenschaften des Fernrohrs. Bei Mossotti wird die Formel des Gesichtsfeldes aus der allgemeinen analytischen Theorie der Bahnen abgeleitet, welche die Lichtstrahlen im Fernrohr durchlaufen; bei Anderen geht sie direct aus der genauen Darstellung dieser Bahnen hervor. Um unserem Artikel keine zu grosse Ausdehnung durch Beifügung eines Holzschnittes zu geben, benutzen wir für den Beweis die Zeichnung (1) aus dem besprochenen Artikel (Repertorium Band VIII. pag. 342), die man nur auf gehörige Weise ändern muss. Stellen wir uns also vor, dass das Diaphragma O in jener Zeichnung wegfällt, dass die Linie PP die Focalebene des Objectivs darstellt und die Linie $a\,b$ den Durchmesser des Oculars d. In das sich bewegende Auge können von äusseren Ge-

genständen nur diejenigen Strahlen eindringen, welche durch das Objectiv und dann durch das Ocular gegangen sind. Die äussersten dieser Strahlen werden offenbar Ma und Mb sein. Die Strahlen von denselben äussersten Puncten M, M, welche durch das Centrum des Objectivs gehen und zu den Bündeln mit den eben geführten Randstrahlen gehören, werden AC und BC sein. Indem wir die Strahlen rechts vom Puncte C verlängern und parallele Linien (für sehr entfernte Gegenstände) zu den Rändern des Objectivs M und M ziehen, erhalten wir einen Begriff von dem vollen möglichen Sehfelde. Es kann offenbar gemessen werden durch den Winkel bei dem Mittelpunct des Objectivs $A\ C\ B$. — Die Puncte, z. B. Sterne, die ausserhalb dieses Winkels liegen, werden sich daher nicht mehr im Sehfelde des Fernrohrs befinden. Für jetzt ist es nur nöthig, die Grösse des Winkels $A\,C\,B = G$ zu bestimmen. Hierzu bemerken wir, dass, wenn wir innerhalb dieses Winkels einen anderen errichten, indem wir gerade Linien aC und bC ziehen, so wird der Winkel aCb denjenigen Theil des Sehfeldes darstellen, welcher von Strahlen begrenzt wird, die durch den Mittelpunct des Objectivs zu den Rändern des Oculars gehen. Verlängern wir nachher ab nach oben und nach unten bis zum Zusammentreffen mit den Strahlen AC und BC, stellen wir an die Durchschnittspuncte a' und b', und bezeichnen wir jede von den unter einander gleichen Linien aa' und bb' mit $\triangle$. Führen wir endlich eine senkrechte Linie aus C nach ab, welche in die Mitte von ab fällt, wo wir den Buchstaben O setzen (auf der Zeichnung, welche wir benutzen, sind diese Buchstaben nicht vorhanden, aber Jeder kann sie leicht ergänzen).

Jetzt ist das Sehfeld sehr leicht zu bestimmen, wenn man bemerkt, dass der Abstand zwischen den Mittelpuncten des Oculars und des Objectivs $F_1 - F_2$ ist. In der That.

$$\operatorname{tg} {}^1\!/_2\, G = ({}^1\!/_2\, ab + \triangle) : (F_1 - F_2).$$

Aus den Dreiecken $bb'B$ und $B\ MC$ ergiebt sich aber:

$\triangle : MC = F_2 F_1$, denn bB kann man gleich F setzen. Da $MC = {}^1\!/_2\, D$, und $ab = d$, so hat man:

$$\operatorname{tg} {}^1\!/_2\, G = \left[\frac{D}{2\,(F_1 - F_2)} \cdot \frac{F_2}{F_1} + \frac{d}{2\,(F_1 - F_2)}\right]$$

Hieraus folgt direct die Formel (A).

Wenn das Auge unbeweglich am Ocular festgehalten wird, so wird nur der Theil des Oculars wirksam, der eben so gross wie die Pupillenöffnung ist, und daher muss man in diesem Falle in der Formel statt d den Durchmesser der Pupille a setzen. — Da die Pupille ihre Grösse bei verschiedener Stärke des auf sie fallenden Lichtes verändert, so wird das Sehfeld selbst bei ruhigem Auge für ein und dasselbe Instrument etwas verschiedene Grössen haben. Als Maassstab zur Beurtheilung der Beschaffenheit des Instrumentes kann man in diesem Falle das Sehfeld nehmen, welches einer gewissen normalen, also einer mittleren Grösse der Pupille entspricht. Man kann sogar für den Durchmesser der Pupille bei Bestimmung des Sehfeldes denjenigen Werth annehmen, welcher bei einer sehr intensiven Beleuchtung gilt, wobei der Einfluss der Pupille annähernd gleich Null genommen werden kann, und in diesem Falle wird die Formel nur durch ein Glied ausgedrückt. Die Theorie giebt auch die Möglichkeit, die Grösse des Sehfeldes sehr einfach in dem Falle zu bestimmen, wenn wir uns auf die äusseren Puncte beschränken, deren Strahlen die ganze Oeffnung der Pupille ausfüllen. Die äusseren Strahlen des Sehfeldes werden in diesem Falle, wie man leicht aus der Zeichnung ersieht, diejenigen sein, welche durch die Ränder des Objectivs gehen, nicht zu den entfernteren, sondern zu den näheren Endpuncten der Linie ab, das heisst der Pupille. Hier wird das Sehfeld nicht die Summe der bekannten zwei Glieder darstellen, sondern ihre Differenz, nämlich:

$$G_1 = \left[\frac{D}{F_1 - F_2} \cdot \frac{F_2}{F_1} - \frac{a}{F_1 - F_2}\right] \frac{360}{\pi}.$$

Das auf solche Art bestimmte Sehfeld nennt Mossotti das Feld der vollkommenen Helligkeit (campo della chiarezza completa); dem durch die Summe der Glieder ausgedrückten Sehfelde giebt er die Benennung Feld der möglichen Sichtbarkeit (campo della visibilità possibile). Es ist übrigens selbstverständlich, dass wir bei grösserem Gesichtsfelde und bei unbeweglichem Auge nur die Gegenstände ganz deutlich sehen, welche in der Mitte des Sehfeldes liegen; für Betrachtung der anderen müssen wir das Auge bewegen.

Endlich kann man noch die Verkleinerung des Sehfeldes ohne Schwierigkeit in Rechnung ziehen, welche entsteht, wenn das Auge sich nicht unmittelbar vor, sondern in einiger Entfernung von dem Oculare befindet. Kurz die vollständige Theorie giebt, wie wir weiter

unten sehen werden, Antwort auf alle möglichen Fragen und erklärt alle Einzelheiten der Erscheinung.

In der Formel des Sehfeldes findet die Grösse des Objectivs Platz, während in den von H. Lubimoff citirten Handbüchern (und nicht einmal in allen) die Folgerungen sich auf die Auffassung von Euler begründen. Der Autor der Neuen Theorie hält diese Auffassung mit Recht nicht für richtig, wie es auch ist; obgleich man übrigens diese Hinweisung auch bei Mossotti findet, welcher klar darlegt, worin die Fehler bei Euler bestehen, bei Untersuchung der von den Strahlen durchlaufenen Bahnen nicht nur in dem Fernrohr von Galileï, sondern auch in dem Telescop von Keppler.

Für dieses letztere findet der Autor der neuen Theorie übrigens, obgleich er nicht sagt warum, die Auffassung Eulers richtig.

Hieraus ist ersichtlich, dass die Formel des Herrn Lubimoff sich von der vollständigen Formel des Gesichtsfeldes darin unterscheidet, dass ihr das von dem Ocular und von der Pupille handelnde Glied fehlt, weil ihm die letztere auf einen Punct reducirt gilt.

Es wird übrigens nicht überflüssig sein, zu bemerken, dass lange vor Herrn Lubimoff der bekannte Brandes in seinem ausführlichen Artikel über Telescope, der sich in dem mit Recht berühmten Gehler'schen Wörterbuche befindet (Gehler's Physikalisches Wörterbuch, neu bearbeitet von Brandes, Gmelin, Horner, Muncke, Pfaff. IV. Band. I. Abtheilung F. 1827. pag. 156), die Grösse des Sehfeldes des Galilei'schen Telescops berechnet, welche nach der früheren Bezeichnung wie folgt lautet:

$$G = \frac{D \,.\, F_2^2.}{F_1\,[z\,F_1 + (F_1 - F_2)\,F_2]} \cdot \frac{360}{2\,\pi};$$

z bezeichnet den Abstand des Auges vom Ocular. Brandes theilt hier auch nicht die Auffassung Eulers bezüglich des Galileï'schen Fernrohres, obgleich er ihr in Bezug auf das Keppler'sche folgt. Die Formel von Brandes hat eine grössere Allgemeinheit und grössere theoretische Bedeutung als die Formel des Herrn Lubimoff, namentlich deshalb, weil hier dem Auge mehr Freiheit gelassen wird.

Für das Auge beim Ocular ($z = o$) erhält man die Formel des Herrn Lubimoff:

$$G = \frac{D}{F_1 - F_2} \cdot \frac{360}{2\,\pi} \cdot \frac{F_2}{F_1}$$

ebenso wie man sie erhält aus der vollständigen Theorie, wenn man die Grösse der Pupille gleich Null setzt.

In der Wissenschaft ereignet es sich nicht selten, dass zwei durch Zeit und Raum getrennte Personen bei der Untersuchung eines und desselben Gegenstandes unabhängig von einander zu demselben Resultat gelangen; doch in keinem Falle haben wir das Recht, indem wir uns an die Regel „suum cuique“ halten, die Formel des Herrn Lubimoff für eine neue gelten zu lassen.

Was das *neue* Princip betrifft, welches der Verfasser mit seiner Formel verbindet, d. h. die Vergleichung des Objectivs mit dem Fenster (pg. 340, II.; pgg. 342, 343, 344), so wird ernsthafter Weise es Niemand für etwas Anderes halten als für ein Gleichniss, für eine Uebersetzung der Formel selbst in die Umgangssprache, welche übrigens viel einfacher und vielleicht auch leichter fasslich vom Autor mit Hülfe der Zeichnung (Seite 13) erklärt wird. In der That ist die Formel so zu lesen: *das Gesichtsfeld ist gleich der Winkelgrösse des Objectivs* (des Fensters), *betrachtet aus dem Centrum des Oculars, dividirt durch die Vergrösserung des Fernrohrs.* Man kann das Fernrohr auch mit einem Trichter vergleichen, in den sich Ströme von Strahlen ergiessen und diesem Gleichniss die Uebersetzung der Formel in anderen Worten beigeben, etc. Aber alle solche Vergleichungen machen die Theorie um kein Jota besser. Die Aufgabe ist genau zu bestimmen, wie die Lichtstrahlen ihre Richtung beim Durchgange durch das Instrument verändern. Im Gegentheil, die Vergleichung trübt grösstentheils das Verständniss der Erscheinung im Ganzen, wenn wir den speciellen Fall bei Seite lassen und uns ausserhalb des engen Rahmens stellen, an den die Vergleichung geknüpft ist. So hält sich in dem analysirten Artikel die Vergleichung, so lange die Formel den einfachsten Fall im Auge hat; wird aber der Fall verwickelt, so entsteht aus der Vergleichung Verwirrung. In der That befindet sich das Auge immer in einiger Entfernung vom Ocular, und in Folge dessen verkleinert sich das Gesichtsfeld merklich. Aber wie geht diese Verkleinerung vor sich? Es ist glaublich, dass, wenn man an dem Vergleich mit dem Fenster festhält (pgg. 343, 344; pg. 340, II.), das Gesichtsfeld sich im Verhältniss des Abstandes des Auges vom Fenster (Objectiv) verändern wird. Aber in der That geht die Sache anders vor sich: die Formel wird dadurch bedeutend verwickelter, und wenn man den Vergleich mit dem Fenster beibehalten will, ist

es schwer, diese Formel in die Umgangssprache zu übersetzen. Das Auge wird nicht Eins mit dem Ocular, es bleiben eben zwei Fenster, das eine convexe — Objectiv, das andere concave — Ocular, deren Wirkungen zu bestimmen sind, aber zu diesem Zwecke ist es nöthig, abgesehen von jeder Vergleichung, auf die Zeichnung zurückzukommen. Ferner erschwert die Vergleichung des Objectivs mit dem Fenster — eng verbunden mit dem einfachsten Falle, wo nämlich die Lage des Auges nur als Punct beim Centrum des Oculars gedacht wird, — die Bestimmung der Grösse des möglichst vollen Gesichtsfeldes.

Es ist deshalb möglich, dass der Autor schon auf der ersten Seite den unzweifelhaften Einfluss der Ortsveränderung des Auges auf die Grösse des Sehfeldes leugnet.

Man kann sagen, dass mit der Ortsveränderung des Sehpunctes (der Pupille) nach den Seiten hin sich auch die Stelle des Sehfeldes *etwas* verschiebt; aber wenn statt dieses *etwas* eine Zahl gesetzt werden soll, dann muss man die Vergleichung wieder bei Seite lassen und auf die Zeichnung zurückkommen, wobei die Bezeichnung des Objectivs als Fenster oder als Objectiv keinerlei Bedeutung hat. Es würde dem Leser überflüssig scheinen, wenn wir länger bei der Erklärung verweilen wollten, dass Vergleichungen keine ernsthafte wissenschaftliche Bedeutung haben können.

Der grosse Meister in der Popularisirung der Wissenschaft, Arago, verurtheilt im Allgemeinen. alle Vergleiche in der Wissenschaft und Veranlassung giebt ihm dazu (wie er sagt) der täglich vorkommende Vergleich des Objectivs am Fernrohr mit dem Fenster. In seiner populären Astronomie in dem Artikel über die Instrumente lesen wir am Anfang des Capitels über das Sehfeld folgendes (Astronomie populaire, T. I. pg. 130):

„Rien n'est plus dangereux, en matière de science, que les assimilations: elles sont presque toujours fondées sur des aperçus vagues et conduisent à des opinions erronées, dont les vraies lumières de la théorie triomphent ensuite difficilement."

Die Formel der neuen Theorie ist nicht neu und nicht vollständig; letzteres kann man noch eingehender beleuchten.

Die Theorie des Sehfeldes kann man natürlich nicht für vollständig halten, wenn sie nur die Grösse des Sehfeldes bestimmt, obgleich diese Bestimmung annähernd richtig sein mag. Man darf von

ihr die Erklärung einiger besondern Erscheinungen fordern, die sich unter verschiedenen Verhältnissen im Sehfelde finden.

Die in der Wissenschaft vorhandene Theorie antwortet auf solche Fragen. Das Sehfeld nach der Formel von Brandes (wenn nicht vielleicht jemand schon vor ihm diese unrichtige Formel aufgestellt hat) ist direct proportional der Objectiv-Oeffnung; es steht also zu erwarten, dass mit der Verkleinerung dieser Oeffnung um so und so viel Mal — sich auch das Sehfeld eben so viel Mal verkleinert. Aber in der That ist dem nicht so: die Verkleinerung des Durchmessers des Objectivs um mehr als 20 Mal (bei gewissen Grössenverhältnissen des Fernrohrs) verkleinert das Sehfeld nur um 3 Mal.

Wir haben ein Fernrohr von Chevalier vor uns. Der Durchmesser des Objectivs ist 2. 9 ctm., der Durchmesser des Oculars 1. 3 ctm. Von diesem Fernrohr haben wir die Grösse des Sehfeldes unter verschiedenen Umständen bestimmt, und zwar wurden Abends in einem dunkelen Zimmer zwei helle Puncte (Lichter, bedeckt durch Ecran mit Diaphragma) beobachtet, welche bald in das Sehfeld gebracht, bald aus demselben entfernt wurden. Die hellen Puncte verschoben sich auf einer Linie, deren Entfernung vom Objectiv 3. 9 mtr., vom Ocular 3. 2 mtr. betrug. Bei dieser Stellung des Fernrohrs fanden sich folgende Grössen: $F_1 - F_2 = 6.8$ ctm.; $F_1 = 11.1$ ctm.; $F_2 = 4.3$ ctm.

Bei geöffnetem Objectiv und Ocular und bei unbewegtem Auge ergab sich der Abstand der hellen Puncte (unter einander) beim Bringen in das Sehfeld und aus dem Sehfelde 0.784 mtr. Hieraus ergiebt sich nach der bekannten Formel bei $\alpha = 5^{mm}$, wenn wir die gehörigen Reductionen auf das Centrum des Objectivs anwenden, da die Strahlen nicht parallel waren, für das Sehfeld die Grösse aus der Beobachtung 13°. 3; nach der Berechnung 13°. 1. — Die beobachtete Grösse muss natürlich grösser als die berechnete sein, da das Auge das Ocular nicht berührt, aber es muss bemerkt werden, dass in der Dunkelheit die Pupille wahrscheinlich breiter ist, und die Vergrösserung derselben um 1^{mm} vergrössert in unserem Falle das Sehfeld um $^1/_2{}^0$. Nach der Formel von Brandes erhält man für das Sehfeld nur 9°. 5. Zu einer solchen Grösse kann das Sehfeld nur bei heller Beleuchtung kommen, wenn die Pupille sich bis auf 1^{mm} zusammenzieht.

Ferner bedeckten wir das Objectiv mit einem Diaphragma, in welchem die kleine Oeffnung dem Centrum des Glases gegenüber

angebracht war; und hierbei erwies es sich klar, dass sich das Sehfeld durchaus nicht proportional der Verkleinerung D verkleinerte, sondern vollständig in Uebereinstimmung mit der richtigen Theorie. Bei dieser Gelegenheit zeigt sich auch die Veränderung der Pupille durch die Veränderung der Beleuchtung. Nach der Theorie von Brandes erscheint das Sehfeld in dem angegebenen Falle entschieden zu klein. Das möglichst vollständige Sehfeld unseres Fernrohrs ist gleich 20 Grad.

Nach der vollständigen Theorie ist es klar, dass bei kleiner Oeffnung eine bedeutende Grösse des Sehfeldes möglich ist, weil hier noch ein zweites, von der Pupille abhängiges Glied eine Rolle spielt.

Ferner drückt die sogenannte neue Theorie weder qualitativ noch quantitativ den Umstand aus, dass das Sehfeld bei heller Beleuchtung kleiner sein muss als bei schwacher. Man kann natürlich dieser neuen Theorie nöthige Verbesserungen einfügen, aber dann wird aus der Formel von Brandes die längst bekannte Formel der vollständigen Theorie werden; und sein Grundsatz kann nichts anders werden, als eine Uebertragung in die gewöhnliche Sprache der Formel von Mossotti (Mossotti, l. c. pg. 112).

Auf Seite 343 zieht der Autor scheinbar auch die Pupille mit in Rechnung, aber eigentlich wird sie gleich Null gesetzt, wie man sich leicht überzeugen kann, wenn man auch nicht auf die specielle Zeichnung zurückgeht, da das Bild *ab* als unter demselben Winkel liegend angenommen wird wie das Bild *A B*. Wenn anstatt den Einfluss des Auges auf das Sehfeld unberücksichtigt zu lassen, was schon dagewesen ist, die neue Theorie auf Grund irgend welcher Untersuchungen, z. B. vermittelst einer ganzen Reihe von Beobachtungen mit dem Galilei'schen Fernrohr bei einigermaassen bedeutender Vergrösserung, bei welcher das zweite Glied verhältnissmässig grösser wird, und bei verschiedener Beleuchtung des Sehfeldes, das heisst aus Versuchen in der Dunkelheit und bei heller Beleuchtung, diesen Einfluss quantitativ bestimmte: dann würde es begreiflich sein, dass sie selbst ohne die neue Formel einzuführen, möglicher Weise einiges, sogar physiologisches Interesse bieten würde. Aber die Verwandlung des Auges in einen Punct äussert sich in der Theorie als ein durch nichts begründeter und wie es scheint nicht mit vollem Bewusstsein ausgesprochener Act der Willkühr. Daher wird der unparteiische Leser wahrscheinlich unsere Ueberzeugung theilen, dass die sogenannte neue Theorie erstens nicht neu ist und zweitens nicht so vollständig wie



die schon ein halbes Jahrhundert existirende, und in verschiedenen Tractaten der Optik sowohl analytisch wie graphisch entwickelte Theorie.

Auch das, was in der neuen Theorie als neuer Grundsatz, als besonderer Gesichtspunct ausgegeben wird, ist so zu sagen nur eine Periphrase der Formel, in welcher *bald* der Biot'sche Kreis, *bald* Objectiv Fenster genannt wird.

Die Ungenauigkeit der Bestimmung des Sehfeldes der Fernröhre, die seit langer Zeit die Aufmerksamkeit auf sich gezogen hat, erklärt sich durchaus nicht durch die Schwierigkeit, sondern vielmehr durch die Unwichtigkeit der Frage, in Folge deren Viele sich augenscheinlich nicht die Mühe gaben, die einfachste Zeichnung zu entwerfen, welche sogleich, wie Mossotti richtig bemerkt, die Ungenauigkeit der Euler'schen Auffassung darlegt, sondern ohne Kritik das Sehfeld einfach für das Feld der centralen Strahlen ansahen. Es würde zu streng sein, wenn wir die erwähnte Ungenauigkeit als einen groben Fehler, wie Herr Lubimoff es thut, hinstellen wollten, da jedenfalls die in die Lehrbücher übergegangene Formel (nach den Formeln von dem Felde der möglichen Sichtbarkeit und von der vollständigen Helligkeit) mehr reale Bedeutung hat als die Formel von Brandes. In der That haben wir oben gesehen, was man das Feld der vollen Helligkeit nennen kann. Wenn wir die Bedingung stellen, dass die Strahlen — wenn sie auch nicht die ganze Pupille einnehmen, sondern durch nicht weniger als die Hälfte des Objectivs oder eine möglichst grosse Oberfläche seiner centralen Theile gehen — was von der verhältnissmässigen Grösse der Pupille und dem Kegelschnitt der Strahlen in der Ebene der Pupille abhängt, — dann werden wir für das Sehfeld die aus dem Euler'schen Lehrsatze gezogene Formel erhalten.

Man kann jetzt noch in Betracht ziehen, inwiefern der Euler'sche Satz in seiner Anwendung auf das Keppler'sche Fernrohr richtig ist. Dieser Satz ist von dem Autor der neuen Theorie ohne jede Kritik aufgenommen; auch Brandes folgt in seinen Formeln für das Keppler'sche Fernrohr direct diesem Satze. Aber die neue Theorie hat augenscheinlich der Hauptsache nach ihr Augenmerk nur auf das Galilei'sche Fernrohr gerichtet, und darum wollen wir diese Frage nicht weiter verfolgen, um so mehr als den Elementen der vollständigen Theorie des Keppler'schen Fernrohrs in vielen Tractaten der Optik hinreichender Raum zugetheilt ist.

Moscau 15/27 Januar 1873.

(Aus dem Bulletin de la Soc. des Nat. de Moscou, 1872, Nr. 4.)



Kleinere Mittheilungen.

Zur mechanischen Theorie der Electrolyse.

Von K. Domalip in Prag.

(Wiener academischer Anzeiger. 1873. Nr. IV.)

In seiner Abhandlung über denselben Gegenstand gelangt Bosscha zu dem Schlusse, dass nur die Ohm'sche, nicht aber die Poggendorff'sche Compensationsmethode geeignet sei, die aus den chemischen Actionen einer Kette berechnete electromotorische Kraft experimentell zu prüfen, weil eben bei dieser Berechnung die Existenz eines Stromes vorausgesetzt wird, was in der compensirten Kette nicht der Fall ist. Aus der Verschiedenheit der nach beiden Methoden sich ergebenden Resultate glaubt er sogar folgern zu dürfen, dass die Spannung der Pole eines hydroelectrischen Elementes, wenn die Kette offen ist, von anderen Bedingungen abhängt, als die electromotorische Kraft, welche man erhält, wenn den Rheomotor ein Strom durchläuft.

Der Verfasser ist dagegen der Ansicht, dass diese Verschiedenheit der nach beiden Methoden erhaltenen Werthe zu einem solchen Schlusse nicht berechtige, sondern vielmehr eine andere ganz unzweifelhafte Aufklärung in neueren Versuchen gefunden habe, nach welchen auch die constanten Ketten mit Polarisation behaftet sind, und diese somit eine unvermeidliche Fehlerquelle bei der Ohm'schen Methode bildet. Der Verfasser findet es sofort auch einleuchtend, dass eben desshalb gerade die Ohm'sche Methode weniger als die Poggendorff'sche zur Prüfung theoretisch bestimmter Werthe der electromotorischen Kraft sich eignen könne, weil vermöge der Polarisation chemische Processe (z. B. Oxydationen des Wasserstoffes) unvollzogen bleiben, welche bei der theoretischen Bestimmung der electromotorischen Kraft als vollzogen mit

ihren äquivalenten Wärmemengen in Rechnung gestellt werden, während die Compensationsmethode den Grenzwerth der electromotorischen Kraft liefert, der beim Nullwerden der Polarisation, die eben eine Function der Stromstärke ist, an der stromlosen (compensirten) Kette ermittelt wird.

Für die Richtigkeit des Gesagten sprechen die Resultate einiger Versuche, welche der Verfasser ausgeführt hat, und von welchen hier beispielsweise die an der Pincus'schen Chlorsilberkette im Vergleiche mit einer Daniell'schen vorgenommenen Messungen erwähnt sein mögen.

Diese Kette wurde zunächst aus demselben Gesichtspuncte untersucht, welcher der Bosscha'schen Bestimmung der electromotorischen Kraft der Daniell'schen Kette zu Grnnde lag, um nämlich den nach der mechanischen Theorie der Electrolyse gefundenenen Werth experimentell zu prüfen. Das Pincus'sche Element gestattet nämlich sehr einfach eine eben solche Vergleichung, die der Verfasser denn auch durchgeführt hat und wobei er mit Anwendung der Compensationsmethode eine sehr befriedigende Uebereinstimmung fand (berechnet 10,89, beobachtet 10,92), während die Ohm'sche Methode ein sehr abweichendes Resultat (8,68) herausstellte.

Auch der von Bosscha für die Daniell'sche Kette nach der Ohm'schen Methode gefundene Werth (11,37) stimmt weniger genau mit dem theoretischen (11.81), als der nach der Poggendorff'schen Methode ermittelte (12,04), und dass diese Abweichung nicht so gross ist, wie die bei der Untersuchung der Pincus'schen Kette beobachtete und soeben angeführte, findet im Folgenden eine einfache Erklärung.

Der Verfasser zeigt nämlich weiter, dass dieser offenbar von der Polarisation herrührende Einfluss desto mehr hervortritt, je weniger einerseits die untersuchten Ketten constant sind und je mehr anderseits die bei den Messungen der electromotorischen Kräfte benützten Methoden selbst nach Maassgabe der dabei in Anwendung kommenden Stromintensitäten der Polarisation unterworfen sind, was also bei der Ohm'schen Methode mehr als bei der Fechner'schen und bei dieser mehr als bei der Poggendorff'schen der Fall ist.

Der Verfasser wählte zu diesen Versuchen die in neuerer Zeit viel besprochenen und schon desshalb zu einer näheren Untersuchung anregenden Ketten von Léclanché und Thomsen und gelangt zu unzweifelhaften Belegen für seine bereits ausgesprochenen Behaupt-

ungen und insbesondere für die Ansicht, dass gerade zur experimentellen Prüfung der aus den thermischen Aequivalenten der chemischen Actionen einer Kette berechneten electromotorischen Kräfte die (von Bosscha ausgeschlossene) Poggendorff'sche Methode besser, als jede andere geeignet sei.

Die oben angegebenen Zahlen beziehen sich auf die Jacobi'sche Stromeinheit und die Siemens'sche Widerstandseinheit.

Ueber den Zusammenhang zwischen Absorption und Brechung des Lichtes.

Von Carl Puschl.

(Wiener Sitzungsberichte 1873 9. Januar.)

In einer vor mehreren Jahren erschienenen Abhandlung [1]) habe ich die Hypothese aufgestellt, der zwischen den Atomen der Körper vorhandene Aether besitze dieselbe Elasticität und Dichte und pflanze das Licht mit der gleichen Geschwindigkeit fort, wie der Aether des leeren Raumes, und die Verzögerung (folglich auch Brechung) eines Lichtstrahles in durchsichtigen Körpern komme blos daher, dass derselbe nicht durch den Aether allein, sondern auch durch die Substanz der auf seinem Wege getroffenen Atome hindurch fortgepflanzt und nur in den innerhalb der Atome zurückgelegten Wegstücken verzögert werde. Die mittlere Geschwindigkeit auf dem so abwechselnd durch Aether und Atomsubstanz führenden Wege ist hiernach die dem bezüglichen Körper eigenthümliche Lichtgeschwindigkeit. Bedeutet d die Dichte eines Körpers und n den Brechungsexponenten eines durchgehenden Lichtstrahles, ferner δ die Dichte eines Atoms dieses Körpers und ν den Brechungsexponenten desselben Lichtstrahles für seine Fortpflanzung in der Substanz eines Atoms, so ergibt sich aus der obigen Vorstellung (wie ich in der erwähnten Abhandlung gezeigt habe) die Gleichung

$$\frac{n-1}{d} = \frac{\nu - 1}{\delta}$$

und sofern man die den Atomen eigenthümlichen Werthe von δ und

1) Das Strahlungsvermögen der Atome, als Grund der physikalischen und chemischen Eigenschaften der Körper. Von C. Puschl. Wien 1869.



γ als unabhängig von den gegenseitigen Abständen derselben ansehen kann, hat man also die Constanz der specifischen Brechungskraft $\frac{n-1}{d}$ eines Körpers bei Veränderungen seiner Dichte; eine Folgerung, welche der Erfahrung gemäss mit grösster Annäherung wirklich erfüllt ist, und welche Ketteler z. B. für die schwefelige Säure für die ausserordentlich weiten Grenzen vom gasförmigen bis zum flüssigen Aggregatzustande vollkommen bestätigt findet.

Die partielle Mitbewegung des Lichts in einem bewegten Körper erklärt sich nach dieser Vorstellung daraus, dass dasselbe einen Theil seines Weges in den wirklich fortbewegten Atomen und den anderen Theil in dem dabei in Ruhe bleibenden Aether zurücklegt; nur in den durch Atomsubstanz gehenden Wegstücken also wird das Licht mitbewegt. Heisst c die Geschwindigkeit des bewegten Körpers und geht durch denselben in der Richtung seiner Bewegung ein Lichtstrahl, so wird dieser (wie sich a. a. O. ausgeführt findet) um den Betrag[1])

$$\frac{n^2-1}{n^2}\cdot c$$

beschleunigt; bei entgegengesetzter Richtung des Lichtstrahles wird er um den gleichen Betrag verzögert. Eben dieses aber ist die Grösse der Mitbewegung des Lichts, welche die Physiker, und zuerst Fresnel, aus astronomischen Beobachtungsdaten erschlossen haben und welche Fizeau auch bei einem Versuche mit bewegtem Wasser wirklich erhalten hat. Zur Erklärung dieser Thatsache nahm man bisher an, der Aether, als einziges Medium der Lichtfortpflanzung, sei in den Körpern, bei gleicher Elasticität wie im leeren Raum, durch Einwirkung der Atome verdichtet und werde in gewisser Menge von diesen mit fortbewegt, und man kann hiernach den entsprechenden als mitbewegt zu denkenden Theil der ganzen in einem durchsichtigen

1) Die genaue Formel dieses Betrages lautet

$$\frac{n^2-1+\frac{d}{\delta}}{n^2}\cdot c;$$

sie geht in die obige über, wenn die gegenseitigen Abstände der Atome mehrfach grösser sind als deren Dimensionen, indem dann der Bruch $\frac{d}{\delta}$ (das Verhältniss der Körperdichte zur Dichte der Atome) vernachlässigt werden kann. In diesem Falle befinden sich ohne Zweifel alle Körper.

Körper enthaltenen Aethermenge aus dem bezüglichen Brechungsexponenten des Lichtes berechnen. Allein da den verschiedenen Lichtgattungen in demselben Körper verschiedene Brechungsexponenten entsprechen, so würden für die relative Menge des mitbewegten Aethers, je nach der angewandten Lichtgattung, verschiedene Werthe folgen, und da nach den neuesten Untersuchungen von Kundt der Brechungsexponent für stark absorbirte Lichtgattungen sehr gross werden kann (anomale Dispersion), so wäre für solche fast der ganze in dem bezüglichen Körper vorhandene Aether als mitbewegt anzunehmen, während die Brechungsexponenten der von demselben Körper gut durchgelassenen Lichtgattungen bedeutend kleinere Werthe der mitbewegten Aethermenge ergäben. Diese Hypothese erscheint hiernach als kaum annehmbar, und es dürfte dagegen die oben ausgesprochene Vorstellung einige Beachtung verdienen [1]. Als wichtigste Consequenz der letzteren betrachte ich aber unter den gegenwärtigen Umständen die Beziehung, in welche sie die Absorption des Lichtes in den Körpern zu dessen Brechung oder Fortpflanzungsgeschwindigkeit bringt.

Nach unserer Hypothese ist die Dispersion, wie die Brechung überhaupt, lediglich an die Beschaffenheit der Atome geknüpft; es werden nämlich die verschiedenen Lichtgattungen durch den Aether zwischen den Atomen mit gleicher, durch die Substanz der Atome hindurch aber mit ungleicher Geschwindigkeit fortgepflanzt. Der mögliche Grund dieser ungleichen Lichtgeschwindigkeit in den Atomen kann hier, wo es sich nicht um eine Erklärung der Dispersion selbst, sondern ihres Zusammenhanges mit der Absorption handelt, ausser Frage bleiben. Nun wird im Allgemeinen ein Atom an seiner Grenzfläche einen desto grösseren Theil eines einfallenden Lichtstrahles zurückwerfen, je langsamer der in dasselbe eintretende Theil in der Substanz des Atoms sich vorwärts bewegt, und jedenfalls wird eine grosse Ungleichheit der Fortpflanzungsgeschwindigkeiten verschiedener Lichtgattungen innerhalb der Masse eines Atoms zugleich eine grosse

1) Nachträglich bei der Correctur des Druckes füge ich hier die Bemerkung ein, dass Ketteler's werthvolle Beobachtung, das Verhalten des ordinären und des extraordinären Strahles in einem bewegten doppelt-brechenden Mittel betreffend (Poggendorff's Annalen, 11. Heft, 1872), deren vom Experimentator nicht erwartetes (negatives) Resultat denselben zu einer Modification der Fresnel'schen Theorie veranlasst, inzwischen unsere Vorstellung, welche dieses Resultat verlangt, in der schönsten Weise bestätigt hat.



Ungleichheit der an seinen Grenzen reflectirten Strahlenantheile zur Folge haben; mit anderen Worten: Ein auswählendes Fortpflanzungsvermögen eines Atoms bedingt zugleich ein auswählendes Reflexionsvermögen desselben.

Denken wir uns jetzt in einen gewissen Körper zwei homogene Lichtstrahlen von ursprünglich gleicher Intensität eintretend, an dessen Atomen der eine Strahl verhältnissmässig starke, der andere dagegen unmerklich schwache partielle Reflexionen erfährt, so wird ersterer durch die zahllosen an den Atomen auf seinem Wege erlittenen Reflexionen eine starke allseitige Zerstreuung und unter Ansammlung der zerstreuten Strahlentheile in den Zwischenräumen der Atome eine solche Schwächung erfahren, dass er nur eine mehr oder weniger dünne Schicht jenes Körpers mit noch wahrnehmbarer Intensität zu durchdringen vermag, während der andere Strahl durch eine gleiche Schicht mit geringer Schwächung geht. Eine hinreichend dicke Schicht dieses Körpers ist dann für den einen Strahl opak, während sie für den anderen noch transparent ist. Den in einem Körper zurückbleibenden Theil eines Lichtstrahles heisst man absorbirt[1]; der gedachte Körper besitzt also für die zwei angewandten Lichtgattungen ein auswählendes Absorptionsvermögen.

Dieser Vorstellung gemäss ist die Absorption des Lichts durch einen Körper, wie die Brechung, lediglich an die Beschaffenheit seiner Atome gebunden, und zwar eine mittelbare Folge des auswählenden Fortpflanzungsvermögens derselben. Wenn also ein Körper eine gewisse Strahlengattung sehr stark absorbirt, so müssen seine Atome dieselbe durch ihre Masse hindurch besonders langsam fortpflanzen, und dieser Körper wird daher bezüglich derselben Strahlengattung einen besonders grossen (anomalen) Brechungsexponenten besitzen. In der That ist ein Zusammenhang zwischen Absorption

1) Das absorbirte Licht wird also zunächst in dem Aether der Zwischenräume der dasselbe reflectirenden Atome zurückbehalten, aus deren Netzwerk es nur langsam und (in der Regel) unsichtbar wieder entweicht. Diese hauptsächliche Art von Absorption involvirt selbst keine Veränderung an Strahlenmenge, ist aber stets begleitet von jener Art Absorption, wodurch auf Kosten der Strahlenmenge eine Bewegung oder Ortsveränderung der Atome erzeugt wird. Dies gilt natürlich auch von der Absorption dunkler Wärmestrahlen. - (Vergl. meine Abhandlung: „Ueber Wärmemenge und Temperatur der Körper.“ Sitzungsberichte der kais. Akad. der Wissensch. Juni 1870.)



und anomaler Brechung durch Kundt's bezügliche Untersuchungen ausser Zweifel gestellt.

Wenn die Atome eines Körpers an ihren Grenzflächen eine gewisse Strahlengattung besonders stark reflectiren, während sie andere leicht durch ihre Masse hindurch lassen, so wird auch der Körper selbst an seiner Oberfläche jene Strahlengattung in vorzüglichem Maasse zurückwerfen, d. h. er wird für dieselbe ein auswählendes Reflexionsvermögen besitzen. Auswählende Absorption und auswählende Reflexion müssen also mit einander verbunden sein, und ein Körper, welcher im Spectrum des von ihm durchgelassenen Lichtes dunkle Streifen zeigt, wird an deren Stelle helle Streifen im Spectrum des reflectirten Lichtes haben (übermangansaures Kali). Einen solchen schon früher, namentlich von Stokes bemerkten Zusammenhang hat Kundt bei allen von ihm untersuchten festen und flüssigen Körpern gefunden.

Nach dem Gesagten können die Körper im Allgemeinen bezüglich verschiedener auf sie einfallender Strahlengattungen in dreifacher Beziehung eine Auswahl treffen: sie besitzen ein auswählendes Brechungs-, Reflexions- und Absorptionsvermögen. Ersteres ist das ursprüngliche und der Grund der beiden anderen.

Wie Kundt vermuthet, werden die von ihm für feste und flüssige Körper gefundenen Sätze auch für die Gase gelten. Ich erlaube mir, diesen Gedanken hier für eine die Astronomen und Physiker in hohem Grade beschäftigende Frage zu verwerthen. Wenn nämlich eine Gasart gewisse Lichtgattungen besonders stark absorbirt, während sie andere fast ungeschwächt durchlässt, so muss eine freischwebende Masse dieser Gasart die stark absorbirten Strahlen auch verhältnissmässig stark reflectiren, während sie die anderen ohne erhebliche Reflexion durch sich hindurchlässt. Die der Hauptsache nach aus Gasen bestehenden Kometen können demnach im reflectirten Sonnenlichte helle Spectralstreifen zeigen. Es scheint mir demgemäss nicht nothwendig, die kometarischen Gase wegen der hellen Streifen ihres Spectrums als selbstleuchtend und in Glühhitze befindlich anzunehmen, und die das Selbstleuchten dieser Himmelskörper voraussetzende Hypothese Zöllner's über die Natur der Vorgänge in den Kometen dürfte auch in solcher Hinsicht auf schwachem Grunde stehen.

Scalenfernrohre aus dem physik.-mechan. Institute von M. Th. Edelmann in München.

(Hiezu Tafel XIV.)

Wohl schon in manchen Arbeitsstätten der practischen Physik wird der Mangel an allseitig genügenden Ablesefernröhren empfunden worden und vielleicht ein Instrument willkommen sein, das in Bezug auf seine Verwendbarkeit allen Anforderungen gerecht wird.

Für eine rationelle Mechanik der Scalenfernrohre sind folgende Puncte maassgebend:

Das Fernrohr soll auf einem stabilen schweren Stative so angebracht werden, dass es universal beweglich (grob und micrometrisch) und auch gegen diese Bewegung zu sichern ist. Damit man das Fernrohr zum Ablesen an Spiegeln brauchen kann, welche sich um verticale oder horizontale Axe drehen, muss das Stativ den Maassstab sowohl horizontal als vertical aufnehmen. In jeder dieser beiden Lagen soll die Scala parallel mit sich selbst verschoben und auch ein wenig gedreht werden können, damit die gegenseitige Einstellung von Fernrohr, Spiegel und Scala leicht auszuführen ist und zwar so, dass die letztere senkrecht steht auf der durch die Drehaxe des Spiegels und die Scalenmitte gelegten Ebene.

Dieses vorausgeschickt, ergibt sich eine Mechanik für die Scalenfernröhre, welche auf Tafel XIV dargestellt ist.

Das Fernrohr AB ist um die horizontale Axe CD beweglich, welche Bewegung durch die Schraube E vermittelt wird. E steht durch die Schwere des Fernrohrs immer auf dem massiven Zinkfusse auf, in dessen Mitte der Zapfen G sitzt. Derselbe lässt sich im Zinkfusse durch die Schraube H mikrometrisch drehen, während das Messingstück J, das die horizontale Drehaxe CD des Fernrohres aufnimmt, um den oberen Conus des Zapfens G beliebig gedreht und an dieser Bewegung durch die Klemmschraube K gehindert werden kann. Durch diese Einrichtung ist also das Fernrohr grob und durch Schraube H mikrometrisch auch um eine Vertikalaxe drehbar.

Endlich wird die Hülse O von einem Cylinder MN getragen, der, je nachdem man eine horizontale oder verticale Scale braucht, entweder in die Axe G oder in der Lage $M_1 N_1$ in den Zinkfuss eingeschraubt wird. Auf der Hülse O ist die Scala SS, ebenfalls universal verstellbar, festgeschraubt.

Die zu meinen Scalenfernröhren verwandte Optik beziehe ich (gefasst) aus der optisch-astr. Werkstätte von Steinheil oder dem optischen Institute von Merz in München. Der Preis dieser Apparate beträgt je nach der Oeffnung des Fernrohrs von 34 Thaler an bis zu 100 Thaler.

München, im Jänner 1873.

Vereinfachtes Nivellir-Instrument mit Fernrohr und Libelle zum Umlegen und Drehen von A. & R. Hahn in Cassel.

(Hiezu Tafel XIII.)

Die Unterschiede dieses Instrumentes vor denen ähnlicher Constructionen (siehe Dingler's Journal 153. Band Seite 401 u. f.) bestehen in folgenden Theilen:

1) Der Einrichtung des Fernrohrs zum Umlegen, sowie die Federhäuschen zu diesem Zweck.

2) Der Correctionsvorrichtung der Libelle zur Visirlinie des Fernrohrs.

3) Der Correctionsvorrichtung der Libelle innerhalb der Messinghülse.

4) Die Einrichtung des Anschlags beim Drehen des Fernrohrs um seine Axe.

Das Fernrohr ruht in den Gabeln A, A', als Auflage dienen je zwei Elfenbeinplättchen die in schwalbenschwanzförmiger Nuth befestigt sind. Die Ueberfälle B, B', die sich um die Stahlschrauben c, c' öffnen lassen, tragen die Federhäuschen C, C', diese sind so eingerichtet, dass die kleinen Elfenbeincylinder dd' durch Spiralfedern stets das Fernrohr mit gleichmässigem Druck in den Lagern halten; damit beim Schliessen der Ueberfülle die kleinen Cylinder recht sanft sich auflegen, sind die Ringe des Fernrohrs nach vorn abgerundet, die letzteren selbst bestehen aus Rothguss.

Zwischen den Ringen des Fernrohrs ist die Libelle befestigt, welche sich zwischen Stahlspitzen dreht und umsetzen lässt; damit beim Drehen des Fernrohrs die Luftblase stets oben bleibt, ist der Ausfeilung gegenüber das Gegengewicht g angeschraubt. Die Correctionsvorrichtung, um die Libelle zur Visirlinie des Fernrohrs parallel zu stellen, ist im Durchschnitt Fig. 3 dargestellt und bedarf keiner näheren Beschreibung. Die Correctionsvorrichtung der Libelle für sich wurde früher

mittelst Druckschrauben direct auf das Glasrohr ausgeführt, bei unserer Einrichtung dagegen ist das eine Centrum E mittelst vier Stahlschrauben verstellbar; hierdurch ist jede Spannung im Glas etc. durch seine natürliche Lage gänzlich vermieden.

Um der Drehung des Fernrohrs nur eine Winkelbewegung von 180° zu gestatten, ist auf dem Fernrohr ein Ring H befestigt, in welchem eine Nuth J derart eingefeilt ist, dass das in der Mitte des Trägers sich befindliche Stahlsäulchen T beim Einlegen des Fernrohrs in seine Lager eingreift. Dreht man nun das Fernrohr, so legt sich einmal der Punct x, das andere Mal der Punct y an das Säulchen an, welches genau einer Winkelbewegung von 180° entspricht.

Unterhalb des Trägers befindet sich die bekannte Justirung, um die verticale Drehungsaxe rechtwinkelig zur Visirlinie des Fernrohrs zu stellen; die Axe besteht aus Stahl mit doppeltem Conus und ist mit Klemmwerk versehen.

Solche Instrumente mit orthoscopischem Ocular (nach Kellner) und neuestem Objectiv liefern wir von 12''' fr. Oeffnung, 24 mal. Vergrösserung bis 18''' fr. Oeffnung und 40 mal. Vergrösserung zu 65 bis 90 Rthlr. mit allem Zubehör; mit gewöhnlichem Objectiv und Huyghen-schem Ocular von 58 bis 82 Rthlr.

Bemerkungen zu einer Mittheilung des Herrn Dr. Mayer im Repertorium Band VIII, Seite 191.

In Bezug auf ein Citat, welches Herr Dr. Mayer aus einer Notiz (Bd. VIII, Heft I. des Repert.) macht, und worin er eines seiner Experimente erkennt, bemerke ich, dass die angeführte Stelle missverständlich als ein Bericht über meine eigenen Versuche aufgefasst worden ist, da dieselbe nur eine Beschreibung des Mayer'schen Experiments nach den Comptes-rendus enthält. Wenn ich gesagt habe, dass die Experimente nicht neu sind, so bezieht sich dieses Urtheil nur auf das Princip; es mag sein, dass ich mich nicht klar genug in dieser Beziehung ausgedrückt habe. Beiläufig bemerke ich noch, dass ein von mir erwähnter Versuch des Herrn König mit einer einzigen Stimmgabel und einer reflectirenden Wand mir blos mündlich mitgetheilt war und noch nicht in seinem Catalog vorkommt.

Paris, 5 Mai 1873.

R. Radau.



Ueber ein zweckmässiges Verfahren zur Reduction der Wagebarometerregistrirungen.

Von

Dr. Paul Schreiber.

In der Meteorologie macht sich jetzt immer mehr der Wunsch geltend, für die wichtigsten meteorologischen Elemente Registririnstrumente anzuwenden. Der weiteren Verbreitung der Registririnstrumente scheinen mir folgende Umstände im Wege zu stehen: Man ist noch nicht im Stande gewesen, solche Instrumente zu construiren, welche die Genauigkeit der direkten Ablesungen besitzen, man hat dieselben nur als Interpolationsinstrumente benutzen können und die Instrumente sind für diesen Zweck zu theuer. Speciell bei den Barographen werden die nach dem Principe der Schwimmer, wie sie Lamont,[1] Kreil[2] etc. angewendet haben, construirten Registrirbarometer nie einer grossen Schärfe ihrer Aufzeichnungen sich zu erfreuen haben. Dasselbe gilt auch von den Barometern, welche Theorell,[3] Regnard,[4] Montigny[4] etc. construirt haben. Bei allen diesen Instrumenten wird nur die Bewegung der Kuppe im offnen Schenkel registrirt, wodurch die Resultate durch die Einflüsse der Capillarität und der Unregelmässigkeit der Röhre mit grossen Fehlern behaftet sein können. Dazu kommen noch die Mängel der mechanischen Uebertragung und Fixirung der Bewegung der Quecksilberkuppe und die vollständige Unkenntniss der Temperatureinwirkungen, so dass man nur den Wunsch haben kann, dass alle solche Instrumente möglichst bald von den meteorologischen Stationen verschwinden möchten. Besser

1) v. Lamont, Beschreibung der an der Münchener Sternwarte zu den Beobachtungen verwendeten neuen Instrumente und Apparate.

2) Kreil, im Astronomisch-Meteorologischen Lehrbuch. 1843.

3) Carl's Repertorium Bd. V, Seite 121 etc.

4) Carl's Repertorium Bd. III. Radau, Bericht über die auf der Pariser Ausstellung befindlichen phys., mathem. und astron. Instrumente.

sind jedenfalls die photographischen Registririnstrumente, aber auch diese haben ihre grossen Uebelstände und die Resultate besitzen doch nicht die Genauigkeit der directen Ablesungen eines Heberbarometers.

Ganz frei von diesen Mängeln sind nur die Wagebarometer. Hier bewegt sich die Röhre selbst und giebt direct die Aenderung des Luftdruckes vergrössert an. Man wird kaum einen Grund angeben können, warum diese Bewegungen der Röhre mit einem grösseren Fehler behaftet sein sollten, als die Bewegung einer Quecksilbersäule in dem Heberbarometer. Dagegen bekommt man beim Wagebarometer nicht die Fehler der Einstellung der Quecksilberkuppen. Der Ablesefehler wird ebenso gross sein, als beim Heberbarometer, aber er fällt nur zur Hälfte in das Gewicht, da die Röhre in den meisten Fällen die Bewegung der Quecksilbersäule verdoppelt anzeigt. Die Vorzüge der Wagebarometer scheinen schon allgemein anerkannt zu sein, so dass wohl alle neueren Instrumente darnach construirt werden.

Bis jetzt hat man die ziemlich theueren Wagebarometer nur als Interpolationsinstrumente gebraucht, was ihrer Einführung wesentlich hinderlich sein wird, da denselben Zweck auch andere billigere Instrumente vollständig verrichten. Ferner bemühte man sich, die Bewegung der Röhre proportional dem Luftdruck zu machen und den Einfluss der Temperatur zu compensiren. Beide Bemühungen sind erfolglos geblieben. Die Proportionalität der Bewegung der Röhre mit den Aenderungen des Luftdruckes lassen sich nur sehr schwer herstellen, die vollständige Temperaturcompensation ist theoretisch unmöglich, wenn sie auch practisch bis auf $0{,}5^{mm.}$ sich wird erreichen lassen, auch die Methoden von Wild[1]) geben nur eine Compensation bei geringen Abweichungen des Luftdruckes von demjenigen, für den sie berechnet sind. Der Vorschlag von Wild[2]), Luft in die Kammer zu bringen, wird practisch kaum anwendbar sein und hat auch theoretische Bedenken.

Dagegen lässt sich der Einfluss der Temperatur vollständig durch folgende Einrichtung unschädlich machen:

Man hängt nicht nur die Röhre, sondern auch den Trog an einem Wagebalken auf. Der Balken, an dem der Trog hängt, muss von

1) Carl's Repertorium Bd. VII, Wild, über eine vollständige Temperaturcompensation des Wagebarometers.

2) Carl's Repertorium Bd. VII, Wild, verbesserte Methoden zur Temperaturcompensation des Wagebarometers.

der Temperatur afficirt werden können, so dass bei verschiedenen Temperaturen derselbe Ausschlag durch verschiedene Gewichte hervorgebracht wird, die dann also Functionen der Temperatur sind. Man lässt ferner die Bewegung der Röhre und des Troges registriren. Die Registrircurven, die man so erhält, sind Functionen von Luftdruck und Temperatur des Instrumentes und man kann aus den Curven beide Elemente bestimmen. Dabei will ich bemerken, dass beide Aufhängungen entweder constantes oder variabeles Gegengewicht geben müssen. Ich glaube nicht, dass der Vorschlag practische Bedeutung hat. Am einfachsten kommt man weg, wenn man das Registrirbarometer an einen Ort stellt, wo es wenigstens den täglichen Temperaturschwankungen nicht sehr ausgesetzt ist und dann an einigen Stunden, wenigstens beim Einziehen des Registrirstreifens, die Temperatur des Instrumentes abliest. Im 8. Bande des Repertoriums Seite 244 etc. habe ich nun gezeigt, wie man bei einem solid ausgeführten ganz einfachen Wagebarometer im Stande ist, die durch eine gegebene Aenderung des Luftdruckes und der Temperatur des Instrumentes hervorgebrachte Bewegung der Röhre ganz scharf zu berechnen, und dass man umgekehrt aus der Bewegung der Röhre, die man am Instrument beobachtet hat und der Temperatur des Instrumentes die bewegende, Ursache finden kann. Ich habe die Fehlerquellen in Rechnung gezogen und die ganze Theorie an einem wenig guten Wagebarometer geprüft. Durch die Vergleichung desselben mit einem Heberbarometer von Greiner in Berlin, welches dem chem. Laboratorium der königl. höheren Gewerbschule in Chemnitz gehört, und mit einen Normalbarometer, dessen Röhre 15$^{mm.}$ Durchmesser hat und welches mit dem Kathetometer abgelesen wurde, fand sich der wahrscheinliche Fehler der Wagebarometerangaben kleiner als der der Ablesungen am Heberbarometer.

Hat man demnach ein gut construirtes und bestimmtes Wageregistrirbarometer, sorgt für gleichmässige Temperatur desselben und bringt eine Vorrichtung an, welche das Barometer vor jeder Registrirung gut bewegt, so haben die Registrirungen gleiche Genauigkeit mit den directen Beobachtungen am Heberbarometer. Die Gestalt, welche ich in der erwähnten Abhandlung für das Instrument vorgeschlagen, gestattet es allein, ohne Normalbestimmung einiger Puncte durch Heberbarometer, zu gebrauchen.

Die Reduction der Ablesungen am Wagebarometer, wie ich sie in meiner ersten Arbeit angewandt habe, würde sich nun bei Reduc-

tion von Registrirungen nicht anwenden lassen, die Methode würde dazu soviel Zeit und Arbeit verlangen, dass sie das ganze Messverfahren im Keime ersticken müsste.

Die folgende Arbeit nun hat den Zweck, zu zeigen, wie sich die Rechnungen so vereinfachen lassen, dass man aus einer einzigen Tabelle, mit den Argumenten: „Beobachteter Ausschlag des Wagebalken und Temperatur des Instrumentes", sofort den auf 0° reducirten Barometerstand, in Quecksilbersäule, erhalten kann.

Ich habe der Entwickelung dieses Verfahrens erst eine Zusammenstellung der nöthigen Formeln vorausgehen lassen und dabei die Temperaturcorrectionsgleichung in eine andere Form gebracht, die vor den in der ersten Arbeit gegebenen Gleichungen bedeutende Vorzüge darbietet. Das Verfahren bei der Berechnung der Reductionstabelle ist gleich an einem numerischen Beispiel entwickelt worden.

Die Entwickelung der Formeln findet sich in meiner schon mehrfach erwähnten Abhandlung: „Untersuchungen über die Theorie und Praxis des Wagebarometers", Repertorium Bd. 8 Seite 244 etc., ich muss auf dieselbe verweisen nnd erwähne noch, dass Seitenzahlen sich auf obige Arbeit beziehen.

Die Berechnung eines Wagebarometers beginnt damit, dass man zunächst feststellt, wie gross das Maximum des Ausschlages des Wagebalken bei dem Maximum der Abweichung des Luftdruckes vom mittleren Barometerstande sein soll. Den Ausschlag des Wagebalken gebe ich nicht in Winkelgrössen, sondern durch den Abstand eines beliebigen Punctes der Röhre, gewöhnlich des Punctes, wo dieselbe an dem Wagebalken angehangen ist, von seiner Lage bei horizontalem Stande des Röhrenarmes (Arm des Wagebalken, an dem die Röhre hängt) an. Man bekommt so $\Delta b_{max.}$ und das diesem entsprechende $\xi_{max.}$. Um nun die Röhre zu blasen, wird sich der Glasbläser zunächst zwei Röhren, eine weitere und eine engere aussuchen und dabei auf möglichste Cylindergestalt derselben Rücksicht nehmen. Mit dem lichten Querschnitt der weiten Röhre, dem äusseren der engeren Röhre und dem Querschnitt des weiten Theiles des Troges berechnet man zunächst die Längendimensionen der Röhre, die dann vom Glasbläser fertig gemacht werden kann.

Die Constanten zur letzteren Rechnung sind in den Formeln mit C, B und E bezeichnet. Ich nenne diese Grössen die Capacitäten von Trog und Röhre und es sind dies die Gewichte der Quecksilberquantitäten, welche die betreffenden Cylinder auf 1mm. Höhe fassen. C ist die Capacität der Kammer des Barometerrohres, B die Capacität einer Röhre, welche einen lichten Querschnitt gleich dem äusseren Querschnitt des in das Quecksilber eintauchenden Theiles der engen Röhre hätte und E stellt die Capacität des weiten Theiles des Troges dar.

Es empfiehlt sich, E so gross als möglich zu machen und darauf zu sehen, dass der Theil, an welchem die Oberfläche des Quecksilbers im Trog sich bewegt, so streng als möglich cylindrisch ist. Ferner ist es auch zweckmässig, C mindestens vier oder fünfmal grösser als B zu machen.

Zunächst müssen Röhre und Trog genau calibrirt werden und zwar muss diese Arbeit so exact als möglich gemacht werden. Man macht sich an die Kammer, dort wo sie an die enge Röhre ansitzt und von wo sie wieder gut cylindrisch wird, einen Strich, bestimmt dessen Abstand vom offenen Ende der Röhre und die Menge Quecksilber, die bei 0° C. bis an diesen Strich (vom offenen Ende an) in die Röhre geht. Der Strich repräsentirt die Stelle, bis zu dem die Kuppe in der Kammer sinken darf und sein Abstand von dem offenen Ende ist die Grösse $\underline{\underline{c'}}$, während Hg das Gewicht des Quecksilbers ist, das die Röhre vom offenen Ende an bis c' fasst.

Dividirt man das Gewicht des Quecksilbers, welches die Kammer auf die Länge, an der sich die Kuppe bewegt, enthält, durch diese Länge, so erhält man den definitiven Werth von C.

Im Trog wird ebenfalls eine Stelle markirt, bis zu welcher das Niveau des Quecksilbers bei 0° Temperatur und horizontaler Stellung des Röhrenarmes $\{t = 0 \text{ und } \xi = 0\}$ steht. Man misst die Menge des Quecksilbers, welches der Trog bis an diese Stelle fasst und erhält $G + E(y_0 - y')$.

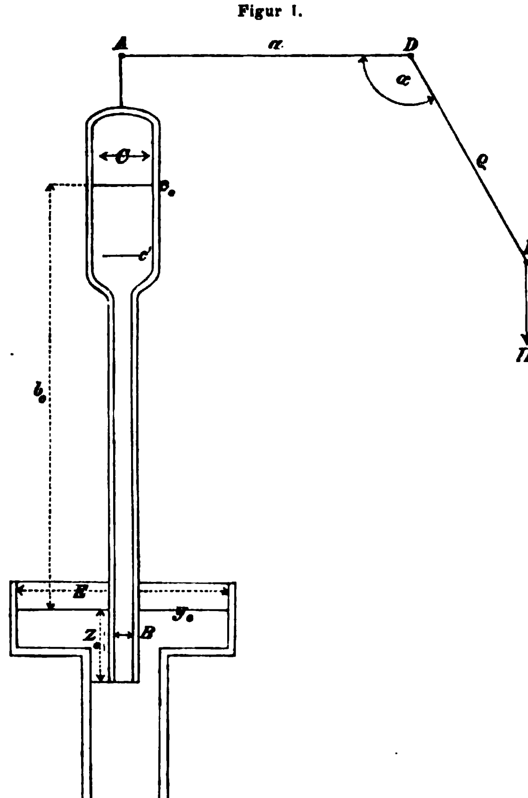
Wie bei der Kammer des Barometerrohres wird auch beim Trog der Mittelwerth von E bestimmt.

Nun werden die nöthigen Messungen am Wagebalken gemacht, darnach die Gegengewichte eingerichtet, der Abstand berechnet, den die Marke am Trog von der Drehaxe haben muss, die Menge des nöthigen Quecksilbers und so ist man im Stande: das Instrument

bei jeder Temperatur und bei jedem Barometerstand mit Hilfe des Kathetometers so aufzustellen, dass es bei 0° C. Temperatur und bei dem mittleren Barometerstande des Ortes, für den es berechnet ist, genau horizontal steht.

Die genauere Auseinandersetzung dieses Verfahrens findet man mit Beispielen in der schon erwähnten Abhandlung von Seite 283 an.

Figur 1.



Denken wir uns die Temperatur 0° C. und den Barometerstand b_0, so wird unser Instrument die Lage haben, wie sie Fig. 1 darstellt. Der Röhrenarm a ist horizontal, das Quecksilber in der Kammer steht um e_0 von dem offenen Ende des Rohres ab und das Niveau im Trog (der Spiegel) befindet sich bei y_0. Wir kennen die Capacitäten C, B 1) und E, ferner die Länge c' und die Quecksilberquantitäten Hg und $\{G + E(y_0 - y')\}$, welche Röhre und Trog bis an die Marken fassen. Den Wagebalken denken wir uns auf 3 starr verbundene Puncte reducirt; der erste A ist der Aufhängepunct der Röhre und der zweite D der Drehpunct des ganzen Systems. Im dritten Punct P, dem Schwerpunct des ganzen Systems des Wagebalken {ohne Röhre}, ist das ganze Gewicht des Wagebalken mit seinen Gegengewichten vereinigt. Der Abstand PD ist mit ϱ bezeichnet; ϱ bildet mit a den constanten Winkel α, während Π das constante Gewicht ist, das in P angreifend gedacht wird.

1) Der Querschnitt B ist der äussere der Röhre, nicht — wie in oben stehender Figur 1 — der innere.

Den Abstand c_0 der Kuppe im Rohr vom offenen Ende und die Länge des eingetauchten Rohres z_0 werden wir später kennen lernen.

Sobald sich nun der Barometerstand b_0 um Δb ändert, entfernen sich der Punct A um die Grösse ξ und der Spiegel um η aus ihrer Normallage. Δb ist positiv, wenn der Druck grösser wird und ebenso sind ξ und η positiv bei aufwärts gerichteter Bewegung der Puncte A und des Spiegels im Trog.

Δb und η sind nun Functionen von ξ und zwar ist {264}

$$1)\quad \Delta b = (A + A'A'')\,\xi + A'A''\xi\left[\frac{1}{2}\left(\frac{\xi}{a}\right)^2 + \frac{1.3}{2.4}\left(\frac{\xi}{a}\right)^4 + \dots\right]$$

$$2)\quad \eta = -A'\,\xi - A'\xi\left[\frac{1}{2}\left(\frac{\xi}{a}\right)^2 + \frac{1.3}{2.4}\left(\frac{\xi}{a}\right)^4 + \dots\right],$$

wenn man setzt:

$$3)\quad A = \frac{C-B}{C};\ A' = -\frac{\Pi}{E}\frac{\varrho \sin\alpha}{a^2};\ A'' = \frac{E + C - B}{C.}.$$

Sobald also der Punct A den Stand ξ zeigt (bei $t = O$), findet man die Aenderung des Luftdruckes und die Bewegung des Spiegels im Trog nach den Formeln 1, 2 und 3.

Die Last F, welche bei dem Ausschlag ξ im Puncte A angreift, ist

$$4)\quad F = F_0 + \triangle F = F_0 + EA'\xi + EA'\xi\left[\frac{1}{2}\left(\frac{\xi}{a}\right)^2 + \frac{1.3}{2.4}\left(\frac{\xi}{a}\right)^4 + \dots\right]$$

$$4a)\quad \Delta F = EA'\xi + EA'\xi\left[\frac{1}{2}\left(\frac{\xi}{a}\right)^2 + \frac{1.3}{2.4}\left(\frac{\xi}{a}\right)^4 + \dots\right]$$

In den letzten Formeln ist F_0 die Last, welche die horizontale Stellung des Röhrenarmes bewirkt.

Die Gleichungen 1 und 2 liefern nun auch

$$5)\quad c_0 = c' - \{\Delta b_{\max.} + \eta_{\max.} - \xi_{\max.}\}$$

$$6)\quad z_0 = c_0 - b_0$$

Wäre man im Stande die Temperatur des Wagebarometers immer constant zu halten und wäre das Instrument ohne Fehler, also Kammer und Trog streng cylindrisch, so würden sich die Beobachtungen am Wagebarometer sehr einfach reduciren lassen.

Man hätte dann mit $\xi = 1, 2, 3$ etc. eine Tabelle für Δb zu entwerfen, aus derselben mit den beobachteten ξ die entsprechenden Δb zu suchen und diese mit den betreffenden Vorzeichen an b_0 anzubringen. Ich will hierbei noch bemerken, dass die sämmtlichen Con-

stanten, die bis jetzt in Rechnung gekommen, als bei 0°C. bestimmt anzusehen sind.

Sobald nun das Instrument bei einer Temperatur $t^0 C$ abgelesen worden und auch Kammer und Trog von der Cylindergestalt abweichen, hat man an die beobachteten ξ mehrere Correctionen anzubringen, ehe dieselben mit der Gleichung 1 auf $\varDelta b$ reducirt werden können.

Man berechnet nun für $\xi = 1, 10, 20$ etc. die Werthe von $\varDelta b$ nach der Formel 1), dividirt dieselben durch das entsprechende ξ und nimmt daraus das arithmetische Mittel. So erhält man eine Grösse γ_1, mit deren Hilfe sich $\varDelta b$ als lineare Function von ξ genähert darstellen lässt, indem

$$7)\qquad \varDelta b = \gamma_1 \xi$$

wird. Ebenso verfährt man mit Gleichung 2). Mit $\xi = 1, 10, 20$ etc. werden $\eta_1, \eta_{10}, \eta_{20}$ etc. und damit die Quotienten $\frac{\eta_n}{\xi_n}$ berechnet, aus denen das arithmetische Mittel eine Grösse γ_3 giebt.

Es ist dann sehr nahe

$$8)\qquad \eta = \gamma_3 \xi.$$

Endlich berechnet man

$$9)\qquad \gamma_2 = (\gamma_3 - 1)$$

und erhält

$$10)\qquad \varDelta z = \gamma_2 \xi$$

$\varDelta z$ ist die Veränderung der Länge des in das Quecksilber eingetauchten Rohres, bei der Bewegung des Barometers vom Stand $\xi = 0$ bis $\xi = \xi$.

Ferner rechnet man

$$11)\quad A''' = \frac{Hg}{C} + b_0 - c' + A z_0;\quad A^{\text{IV}} = A \frac{G + E(y_0 - y')}{E}$$

Es sind hierin Hg und $G + E(y_0 - y')$ die Gewichte der Quecksilberquantitäten, welche die Röhre von dem offenen Ende bis an den Strich und der Trog vom Boden bis an die Marke bei 0° fassen.

b_0 ist der normale Barometerstand, c' der Abstand des Striches an der Kammer vom offenen Ende der Röhre, z_0 die Länge des bei normaler Stellung eingetauchten Rohrstückes {Gleichung 6}, A und C Capacitäten von Trog und Kammer und A die eine der Hilfsgrössen {Gleichung 3}.

I. Formeln für die Temperaturcorrection.

Die Formel zur Berechnung der Bewegung, die eine Temperaturänderung von 0^0 auf t^0 bei constantem Luftdruck hervorbringt, ist:

$$12)\quad \varDelta\xi = \frac{b_0\mu - c'\gamma - A'''f_1 + A^{IV}f'_1}{A + A'A''}\,t + $$
$$+ \frac{b_0\lambda + A'''f_2 - A^{IV}f'_2}{A + A'A''}\,t^2 - \frac{A'''f_3 - A^{IV}f'_3}{A + A'A''}\,t^3 + \dots$$
$$+ \left\{ \begin{array}{l} \dfrac{\gamma_1(\mu - f_1) - Af_1\gamma_2 + Af'_1\gamma_3}{A + A'A''}\,\xi \\ -\dfrac{3}{2a^2}\,\dfrac{b_0\mu - c'\gamma - A'''f_1 + A^{IV}f_1'}{A + A'A''}\cdot\dfrac{A'A''}{A + A'A''}\,\xi^2 \\ -\dfrac{15}{8a^4}\,\dfrac{b_0\mu - c'\gamma - A'''f_1 + A^{IV}f_2'}{A + A'A''}\cdot\dfrac{A'A''}{A + A'A''}\,\xi^4 - \dots \end{array} \right\} t$$

In der Gleichung 12) sind noch μ, λ, γ unbekannt und ebenso die f. Die Ausdehnung des Quecksilbers lässt sich nach Regnault in folgender Form darstellen (Wüllner Bd. III, Seite 66, III. Ausgabe 1871)

$$V_t = V_0\,\{t + \mu t + \lambda t^2\}$$

worin $\mu = 0{,}00017905$ und $\lambda = 0{,}0000000252$. Mit γ bezeichne ich den linearen Ausdehnungscoëfficienten des Glases, aus dem die Röhre besteht und mit γ' denjenigen des Trogmateriales. Dann fasst ein Glasgefäss, wenn es bei 0^0 des Gewicht G_0 Quecksilber enthält, bei t^0

$$\begin{aligned} G_t &= G_0\,\{1 - f_1 t + f_2 t^2 - f^3 t^3 + ..\} \\ &= G_0\,\{1 - (\mu - 3\gamma)\,t + (\mu^2 - 3\mu\gamma - \lambda)\,t^2 \\ &\quad - \{\mu^3 - 3\mu^2\gamma - 2\mu\lambda + 3\gamma\lambda\}\,t^3\} \end{aligned}$$

und es ist also

$$13)\quad \left\{ \begin{array}{l} \left[\begin{array}{l} f_1 = (\mu - 3\gamma);\ f_2 = \mu^2 - 3\mu\gamma - \lambda; \\ f^3 = \mu^3 - 3\mu^2\gamma - 2\mu\lambda + 3\gamma\lambda \end{array} \right] \\ \left[\begin{array}{l} f_1' = (\mu - 3\gamma');\ f_2' = \mu^2 - 3\mu\gamma' - \lambda; \\ f_3' = \mu^3 - 3\mu^2\gamma' - 2\mu\lambda + 3\gamma'\lambda \end{array} \right] \end{array} \right\}.$$

Der Werth für $\varDelta\xi$, wie er sich aus Gleichung 12) ergiebt, ist von dem beobachteten ξ abzuziehen.

II. Correction, bedingt durch Verstellung des Troges gegen die Drehaxe etc.

Eine wesentliche Bedingung für die Brauchbarkeit eines Wagebarometers ist die Unveränderlichkeit der Stellung des Troges gegen

die Drehaxe und der Röhre gegen ihren Aufhängepunct. Entfernt sich die Röhre etwas von ihrem Aufhängepunct durch eine Verlängerung der Aufhängevorrichtung, so bringt dies denselben Effect hervor, als wenn sich der Trog um dieselbe Grösse der Drehaxe genähert hätte. Nimmt man die Drehaxe also absolut fest an und bezeichnet die Summe der wirklichen und der aequivalenten Trogverstellungen mit μ, welches positiv angenommen wird, wenn der Trog sich der Drehaxe nähert, so wird dadurch eine Aenderung in ξ hervorgebracht, die sich näherungsweise durch die Gleichung

14) $$\varDelta\xi = \frac{A}{\gamma_1}\mu \quad \{\text{Seite } 270\}$$

berechnen lässt.

III. Correction wegen Unregelmässigkeit der Kammer.

Wie ich schon früher erwähnte, ist es nöthig, die Röhre so genau als möglich zu calibriren. Das Resultat dieser Calibrirung ist eine Tabelle, mit deren Hilfe man diejenige Quecksilberquantität finden kann, welche die Röhre vom offenen Ende an bis zu einem gegebenen Stand der Quecksilberkuppe enthält. Die Calibrirungen sind auf die Temperatur 0°C. reducirt. Da die Correctionen an dem schon von der Temperatur befreiten ξ angebracht werden, gebraucht man die Calibrirungstabelle sofort. Man berechnet sich zunächst die Entfernung der Kuppe vom offenen Ende der Röhre nach der Formel

15) $$c = c_0 + (\gamma_1 + \gamma_3 - 1)\,\xi,$$

worin c_0 aus Gleichung 5 erhalten und ξ der von Temperatur und Trogverstellung (Gleichung 12 und 14) befreite Ausschlag des Wagebarometers ist.

Mit dem Argument c geht man in die Calibrirungstabelle, sucht die bis zu c gehende Quecksilberquantität auf und zieht davon das Quantum ab, welches die Röhre bis c_0 enthält. Man bekommt so einen Werth Q.

Man bildet ferner das Product

16) $$C\,(c - c_0)$$

und zieht dieses von Q ab, wodurch man die Differenz

17) $$\Gamma = Q - C\,(c - c_0)$$

erhält. Dieses Γ wird stets positiv gerechnet, wenn der absolute Werth von Q grösser ist, als der absolute Werth von $C(c - c^0)$.

Nun erhält man die Correction für ξ nach der Gleichung

18) $$\varDelta\xi = \frac{\Gamma}{(E-B)\,A' - B}$$

und für das Anbringen von $\varDelta\xi$ folgende Regel:

„Ist Γ positiv, so wird der absolute Werth von ξ um das absolute $\varDelta\xi$ verkleinert,"

und umgekehrt, wenn Γ negativ ist.

IV. Correction wegen Unregelmässigkeit des Troges.

Die Calibrirungstabelle des Troges wird so angelegt, dass man die Quecksilberquantitäten daraus entnehmen kann, welche bis zu dem Stande η (von der Marke aus gerechnet) des Spiegels im Trog enthalten sind. Man bildet zunächst den Werth

19) $$\eta = \gamma_3\xi$$

und sucht damit das Quecksilberquantum, welches η entspricht. Zieht man davon das Quantum ab, das der Trog bis zur Marke fasst, also die Grösse $\{G + E(y^0 - y'\}$, so bekommt man einen Werth R. Nun berechnet man nach der Gleichung 20:

20) $$\varDelta = R - E\eta,$$

die Grösse $\varDelta$ und erhält aus

21) $$\varDelta\xi = \frac{\varDelta}{EA'}$$

die Correction, welche an ξ anzubringen ist.

Es gilt hier folgende Regel:

„$\varDelta$ wird positiv genommen, wenn das absolute R grösser ist, als das absolute $E\eta$. Ist dann $\varDelta$ positiv, so wird der absolute Werth von ξ um den absoluten Werth von $\varDelta\xi$ vermehrt."

Die vier Correctionen werden nacheinander an den beobachteten ξ angebracht, indem man stets das ξ, bei dem die erste Correction angebracht, zur Berechnung der zweiten nimmt, und dann das zweimal corrigirte ξ bei der Berechnung der dritten Verbesserung anwendet etc. Dies Verfahren beruht allerdings auf der Voraussetzung, dass man Kammer und Trog innerhalb kurzer Längen als vollkommen cylindrisch betrachten kann.

Mit den corrigirten ξ werden nun nach der Gleichung 1) die entsprechenden $\varDelta b$ berechnet und man erhält

22) $$b = b_0 + \varDelta b$$

als den auf 0°C. reducirten Barometerstand, der stattfindet, wenn das Wagebarometer bei t°C. den Ausschlag ξ zeigt.

Es waren dies die Formeln, welche in Anwendung kommen, um eine Tabelle zu entwerfen, die mit den Argumenten ξ und t die Grössen Δb sofort entnehmen lässt. Ich nehme diese Berechnung gleich an einem Beispiele vor.

Das Barometer ist berechnet für den Barometerstand $b_0 = 734{,}6^{\text{mm.}}$, welches der mittlere Barometerstand von Chemnitz ist. Es wurde gefunden die Grösse $c' = 738{,}6^{\text{mm.}}$; $C = 9{,}944^{\text{gr.}}$; $B = 2{,}004^{\text{gr.}}$; $E = 38{,}36^{\text{gr.}}$.

Die Quecksilberquantitäten Hg und $G + E(y_0 - y')$ waren

$$Hg = 1047{,}0^{\text{gr.}};\ G + E(y_0 - y') = 1770{,}0^{\text{gr.}}$$

Die Ausdehnungscoëfficienten von Glas und dem Material des Troges sind

$$\gamma = 0{,}000012 \text{ und } \gamma' = 0{,}000004$$

Endlich ist $\Pi = 2172{,}8^{\text{gr.}}$ $\varrho = 175{,}44^{\text{mm.}}$ $a = 143{,}5^{\text{mm.}}$ $\alpha = 139^0\,31'\,10''$

Die Calibrirungstabellen für Trog und Kammer habe ich fingirt, während die obigen Constanten an meinem Wagebarometer wirklich beobachtet wurden. Als Resultate der Calibrirung sind nun folgende Tabellen angenommen worden.

Calibrirungstabelle für die Kammer des Wagebarometers (fingirt) [1]

c	Hg	Differenz pro 1mm.	c	Hg	Differenz pro 1mm.
738,6mm.	1047,0gr.		800,0mm.	1640,4gr.	
		—			10,0
740,0	1062,0		810,0	1740,3	
		9,4			10,1
750,0	1155,9		820,0	1841,2	
		9,5			10,2
760,0	1250,8		830,0	1943,1	
		9,6			10,3
770,0	1346,7		840,0	2046,0	
		9,7			10,4
780,0	1443,6		850,0	2149,9	
		9,8			10,5
790,0	1541,5		860,0	2254,8	
		9,9			

Argument: Abstand der Kuppe im Rohr vom offenen Ende desselben.

1) Ich will hiebei bemerken, dass der Durchmesser der Kammer bei der Gültigkeit der aufgestellten Calibrirungstabelle auf die Länge von $120^{\text{mm.}}$ um $1{,}8^{\text{mm.}}$ zunehmen muss, dass eine solche Röhre aber schon mehr einem Trichter, als einem Cylinder ähnlich sieht.

Calibrirungstabelle für den Trog (fingirt).

η	Hg	Differenz pro 0.1$^{mm.}$	η	Hg	Differenz pro 0.1$^{mm.}$
0$^{mm.}$	1770,0$^{gr.}$		0$^{mm.}$	1770,0$^{gr.}$	
		5,81			5,81
— 1	1711,9		+ 1	1828,1	
		5,81			5,81
— 2	1653,8		+ 2	1886,2	
		5,82			5,82
— 3	1595,6		+ 3	1944,4	
		5,81			5,81
— 4	1537,5		+ 4	2002,5	
		5,82			5,82
— 5	1479,3		+ 5	2060,7	
		5,81			5,81
— 6	1421,2		+ 6	2118,8	
		5,82			5,82
— 7	1363,0		+ 7	2177,0	
		5,82			5,82
— 8	1304,8		+ 8	2235,2	
		5,82			5,82
— 9	1246,6		+ 9	2293,4	
		5,82			5,82
—10	1188,4		+10	2351,6	

Argument: Abstand des Spiegels im Trog von der Marke desselben.

Mit Hilfe von diesen Werthen ergaben sich nun

1) $\Delta b = -0{,}57449\,\xi - 0{,}0000333\,\xi^3 - 0{,}0000000012\,\xi^5$

2) $\eta = +0{,}206014\,\xi + 0{,}000004\,\xi^5 + \ldots.$

3) $A = 0{,}079847$; $A' = -0{,}206014$; $A'' = 6{,}66733$

4) $F = 2020{,}9^{gr.} - 12{,}023\,\xi - 0{,}0002921\,\xi^3 - 0{,}0000000106\,\xi^5$

4a) $\Delta F = \qquad -12{,}023\,\xi - 0{,}0002921\,\xi^3 - 0{,}0000000106\,\xi^5$

5) $c_0 = 738{,}6^{mm.} + 56{,}73^{mm.} = 795{,}33^{mm.}$

6) $z_0 = 61{,}5$ (die Röhre ist etwas länger gelassen)

7) $\Delta b = \gamma_1 \xi = -0{,}585\,\xi$

8) $\eta = \gamma_3 \xi = +0{,}207\,\xi$

9) $\gamma_2 = -0{,}793$

10) $\Delta z = -0{,}793\,\xi$

also

$\gamma_1 = -0{,}585$; $\gamma_2 = -0{,}793$; $\gamma_3 = +0{,}207$

11) $A''' = 150{,}3955$; $A^{IV} = 24{,}2167$

12) $$\left[\begin{array}{l}\Delta\xi = \{-0{,}18288\,t - 0{,}000038\,t^2 - \ldots\ldots\} \\ + t\,\{-0{,}000177\,\xi + 0{,}000033\,\xi^2 + 0{,}000000001\,\xi^4)\}\end{array}\right].$$

13) $f_1 = 0{,}000143 \quad f_2 = 0{,}0000000044$
$f'_1 = 0{,}000167 \quad f'_2 = 0{,}0000000194$ etc.

Um die Uebereinstimmung der Formeln in meiner ersten Abhandlung mit der Formel 12 zu prüfen, wurde nach den Gleichungen XIVa, XV, XVIb und XVII auf Seite 278 und 279 mit denselben Constanten, der Werth $\varDelta\xi$ für $\xi = 0$; $t = +30^0$ und dann für $\xi = +30^{mm.}$ $t = +30^0$ gerechnet. Es fand sich

$$\left[\begin{array}{l}\xi = 0 \;;\; t = +30^0 C. \quad \text{Alte Formel } \varDelta\xi = -5{,}52^{mm.} \\ \qquad\qquad\qquad\quad \text{Neue Formel } \varDelta\xi = -5{,}52^{mm.}\end{array}\right]$$

$$\left[\begin{array}{l}\xi = +30^{mm.};\; t = +30^0 C. \quad \text{Alte Formel } \varDelta\xi = -4{,}86^{mm.} \\ \qquad\qquad\qquad\quad \text{Neue Formel } \varDelta\xi = -4{,}76^{mm.}\end{array}\right]$$

Der Unterschied der letzten Werthe erklärt sich daraus, dass zur Berechnung des Gliedes $f(\xi, t)$ der Gleichung 12) nur die Constanten b_0, z_0, y_0 in dem Gliede, welches nur von der Temperatur in erster Potenz abhängt, variirt wurden, dagegen die Einwirkung des zweiten Gliedes als Null betrachtet wurde.

Weiter findet man

14) $\varDelta\xi = 1{,}20\, u$

15) $c = 795{,}00 - 1{,}378\,\xi$ (als zulässige Abkürzung)

18) $\varDelta\xi = 0{,}0734\; \Gamma$

21) $\varDelta\xi = 0{,}08317\, \varDelta$

Man legt sich nun vier Hilfstafeln an, von denen die erste die nach der Formel 12 berechnete Temperaturcorrectionstabelle ist.

Ich habe dieselbe in Intervallen von 10° und ebenso 10mm. der Argumente Temperatur und Ausschlag berechnet und gebe sie zunächst.

I. Hilfstafel.

Tafel der Temperaturcorrectionen.

$t =$	-30^0	-20^0	-10^0	0^0	$+10^0$	$+20^0$	$+30^0$	Coëfficient von t, abhängig von ξ
$\xi = -40^{mm}$	$+3{,}56^{mm}$	$+2{,}38^{mm}$	$+1{,}19^{mm}$	$0{,}00^{mm}$	$-1{,}20^{mm}$	$-2{,}41^{mm}$	$-3{,}63^{mm}$	$+0{,}063$
-30	$+4{,}37$	$+2{,}92$	$+1{,}46$	$0{,}00$	$-1{,}47$	$-2{,}95$	$-4{,}44$	$+0{,}036$
-20	$+4{,}94$	$+3{,}30$	$+1{,}65$	$0{,}00$	$-1{,}66$	$-3{,}33$	$-5{,}01$	$+0{,}017$
-10	$+5{,}30$	$+3{,}54$	$+1{,}77$	$0{,}00$	$-1{,}78$	$-3{,}57$	$-5{,}37$	$+0{,}005$
0	$+5{,}45$	$+3{,}64$	$+1{,}82$	$0{,}00$	$-1{,}83$	$-3{,}67$	$-5{,}52$	$0{,}000$
$+10$	$+5{,}42$	$+3{,}62$	$+1{,}81$	$0{,}00$	$-1{,}82$	$-3{,}65$	$-5{,}49$	$+0{,}001$
$+20$	$+5{,}18$	$+3{,}46$	$+1{,}73$	$0{,}00$	$-1{,}74$	$-3{,}49$	$-5{,}25$	$+0{,}009$
$+30$	$+4{,}67$	$+3{,}12$	$+1{,}56$	$0{,}00$	$-1{,}57$	$-3{,}15$	$-4{,}74$	$+0{,}026$
$+40$	$+3{,}98$	$+2{,}66$	$+1{,}33$	$0{,}00$	$-1{,}34$	$-2{,}69$	$-4{,}05$	$+0{,}049$

Argumente: horizontal Temperatur; vertical Ausschlag.

Bemerkung: Diese Correctionen sind mit entgegengesetztem Vorzeichen an den ξ anzubringen.

Die letzte Reihe der ersten Hilfstafel enthält mit der Ueberschrift „Coëfficient von t abhängig von ξ", den von ξ abhängigen Coëfficienten von t in der Gleichung 12. Die Tafel wurde so gerechnet, dass erst die Correctionen für $\xi = 0$ und die Coëfficienten in der letzten Spalte aufgestellt wurden. Dann wurden die letzteren Coëfficienten mit den Temperaturen multiplicirt und zu den Correctionen für $\xi = 0$ addirt.

II. Hilfstafel.

Correctionen, bedingt durch Unregelmässigkeit der Kammer.

ξ	$c - c_0 = (\gamma_1 + \gamma_3 - 1)\xi = -1{,}378\,\xi$	$c.$	Hg aus Calibrirungst.	$Hg - 1591.0 = Q$	$C(c-c_0)$	r	ξ	$\Delta\xi = 0{,}0734\,r$
−40mm	+ 55,12mm	850,1mm	2150,9gr.	559,9gr.	548,1gr.	+ 11,8gr.	−40mm	0,87mm (+)
−30	+ 41,34	836,3	2008,0	417,0	411,1	+ 5,9	−30	0,43 (+)
−20	+ 27,56	822,6	1867,7	276,7	274,0	+ 2,7	−20	0,20 (+)
−10	+ 13,78	808,8	1728,4	137,4	137,0	+ 0,4	−10	0,03 (+)
0	0,00	795,0	1591,0	0,0	0,0	0,0	0	0,00
+10	− 13,78	781,2	1455,4	135,6	137,0	− 1,4	+10	0,10 (−)
+20	− 27,56	767,4	1321,8	269,2	274,0	− 4,8	+20	0,35 (−)
+30	− 41,34	753,7	1191,0	400,0	411,1	− 11,1	+30	0,81 (−)
+40	− 55,12	739,9	1061,1	529,9	548,1	− 18,2	+40	1,33 (−)

III. Hilfstafel.

Correction, bedingt durch Unregelmässigkeit des Troges.

ξ	$\eta = 0{,}207\,\xi$	Hg	$Hg - G + E(y_0 - y')$	$E\eta$	Δ	ξ	$\Delta\xi = 0{,}08317\,\xi$
− 40	− 8,28mm	1288,5	481,5	483 2	− 1.7	− 40	0,14mm (−)
− 30	− 6,21	1409,0	361,0	362,4	− 1.4	− 30	0,12 (−)
− 20	− 4,14	1529,4	240,6	241,6	− 1.0	− 20	0,08 (−)
− 10	− 2,07	1649,7	120,3	120,8	− 0,5	− 10	0,04 (−)
0	0,00	1770,0	0,0	0,0	0,0	0	0,00
+ 10	+ 2,07	1890,3	120,3	120,8	− 0,5	+ 10	0,04 (−)
+ 20	+ 4,14	2010,6	240,6	241,6	− 1,0	+ 20	0,08 (−)
+ 30	+ 6,21	2131,0	361,0	362,4	− 1,4	+ 30	0,12 (−)
+ 40	+ 8,28	2251,5	481,5	483,2	− 1,7	+ 40	0,14 (−)

IV. Hilfstafel.

Tabelle zur Verwandlung der Bewegungen des Barometerrohres in Variation des Luftdruckes.

ξ	Δb	ξ	Δb	ξ	Δb
$\pm 1^{mm}$	$\mp 0{,}57$	$\pm 11^{mm}$	$\mp 6{,}36$	$\pm 21^{mm}$	$\mp 12{,}38$
2	1,15	12	6,95	22	13,00
3	1,72	13	7,54	23	13,63
4	2,30	14	8,13	24	14,26
5	2,87	15	8,72	25	14,90
6	3,45	16	9,33	26	15,54
7	4,02	17	9,93	27	16,18
8	4,60	18	10,54	28	16,84
9	5,18	19	11,15	29	17,50
10	5,78	20	11,77	30	18,16
ξ	Δb	ξ	Δb	ξ	Δb

Hilfstafel II ist in sehr weiten Intervallen von $10^{mm.}$ des Argumentes ξ berechnet. Die Entstehung dieser Tafel ist sehr einfach: Man rechnet nach Gleichung 15) die Werthe $(c-c_0)$ und erhält, indem man davon c_0, das in Gleichung 5 gefunden worden, abzieht, die Werthe von c, welche den ξ bei der Temperatur 0^0 entsprechen. Die Calibrirungstabelle giebt die Quecksilbermengen, welche bei dem Stande c im Rohr enthalten sind; man zieht von diesen Gewichten das Gewicht bei normalem Stande ($1591.0^{gr.}$) ab und erhält so die Zahlen des 5. Spaltes. Jetzt rechnet man mit den in dem 2. Spalt erhaltenen $(c-c_0)$ die Grössen $C(c-c_0)$, zieht diese von den Zahlen des 5. Spaltes ab und bekommt so die Γ. Die nächste Reihe enthält noch einmal die Argumente ξ und die letzte Reihe die $\Delta\xi$. Die in Klammern den $\Delta\xi$ beigesetzten Vorzeichen geben das Vorzeichen des zugehörigen Γ an; man muss die $\Delta\xi$ von den absoluten ξ abziehen, wenn Γ positiv.

Hilfstafel III ist ganz ähnlich wie II berechnet. Die letzte Reihe enthält die $\Delta\xi$ mit den Argumenten ξ und die in Klammern beigesetzten Vorzeichen geben das Vorzeichen des zugehörigen Δ an.

Hilfstafel IV enthält die Abweichungen des Barometerstandes von b_0 in auf 0^0 reducirten Grössen, wenn bei 0^0C. das Wagebarometer den Stand ξ zeigt, vorausgesetzt, dass das Instrument vollständig fehlerfrei ist. Die Tafel ist nach Gleichung 1 berechnet.

Jetzt beginnt die Berechnung der eigentlichen Reductionstabelle. Man wird dabei am besten nach folgendem Schema verfahren:

Berechnung der Reductionstabelle.

Temperatur =	—30°	—20°	—10°	0°	+10°	+20°	+30°
Abgelesen am Wagebarometer ξ = . .	0,00^{mm}	0,00^{mm}	0,00^{mm}	0,00^{mm}	0,00^{mm}	0,00^{mm}	0,00^{mm}
Temperaturcorrection Hilfst. I	— 5,45	— 3,64	— 1,82	0,00	+ 1,83	+ 3,67	+ 5,52
Von Temperatur befreites ξ_1 = . . .	— 5,45	— 3,64	— 1,82	0,00	+ 1,83	+ 3,67	+ 5,52
Correction aus Hilfstafel II interpolirt .	0,01 (—)	0,01 (—)	0,00	0,00	0,02 (+)	0,04 (+)	0,06 (+)
ξ_1, corrigirt von Kammer-Fehlern = ξ_2	— 5,44	— 3,63	— 1,82	0,00	+ 1,85	+ 3,71	+ 5,58
Correction Hilfstafel III	0,02 (—)	0,01 (—)	0,00	0,00	0,00	0,01 (—)	0,02 (—)
Definitives ξ_3 . . . . =	— 5,42	— 3,62	— 1,82	0,00	+ 1,85	+ 3,70	+ 5,56
$\varDelta b$ dem ξ_3 entsprechend	+ 3,72	+ 2,09	+ 1,05	0,00	— 1,06	— 2,14	— 3,22
Abgelesen am Wagebarometer ξ =	+10,00	+10,00	+10,00	+10,00	+10,00	+10,00	+10,00
Hilfstafel I $-\varDelta\xi_1$ =	— 5,42	— 3,62	— 1,81	0,00	+ 1,82	+ 3,65	+ 5,49
ξ_1 =	+ 4,58	+ 6,38	+ 8,19	+10,00	+11,83	+13,65	+15,49
Hilfstafel II $\varDelta\xi_2$ =	4 (+)	6 (+)	8 (+)	10 (+)	14 (+)	19 (+)	24 (+)
ξ_2 =	+ 4,62	+ 6,44	+ 8,27	+10,10	+11,96	+13,84	+15,73
Hilfstafel III $\varDelta\xi_3$ =	2 (—)	3 (—)	3 (—)	4 (—)	4 (—)	5 (+)	6 (—)
ξ_3 =	+ 4,60	+ 6,41	+ 8,24	+10,06	+11,92	+13,79	+15,67
$\varDelta b$ mit ξ_3 Hilfstafel IV =	— 2,65	— 3,69	— 4,74	— 5,81	— 6,89	— 8,00	— 9,11
Abgelesen am Wagebarometer ξ =	—20,00	—20,00	—20,00	—20,00	—20,00	—20,00	—20,00
Hilfstafel I $\varDelta\xi_1$ =	— 4,94	— 3,30	— 1,65	0,00	+ 1,66	+ 3,33	+ 5,01
ξ_1 =	—24,94	—23,30	—21,65	—20,00	—18,34	—16,67	—14,99
Hilfstafel II $\varDelta\xi_2$ =	31 (—)	27 (—)	24 (—)	20 (—)	17 (—)	14 (—)	11 (—)
ξ_2 =	—24,63	—23,03	—21,41	—19,80	—18,17	—16,53	—14,88
Hilfstafel III $\varDelta\xi_3$ =	10 (—)	9 (—)	8 (—)	8 (—)	7 (—)	7 (—)	6 (—)
ξ_3 =	—24,53	—22,94	—21,33	—19.72	—18,10	—16,46	—14,82
$\varDelta b$ mit ξ_1 Hilfstafel IV =	+14,60	+13,59	+12,58	+11,60	+10,60	+ 9,61	+ 8,61

Man nimmt also an, es seien bei den verschiedenen Temperaturen die ξ beobachtet worden und sucht zunächst die zugehörigen $\Delta\xi_1$ aus der ersten Hilfstafel, welche mit entgegengesetzen Vorzeichen angebracht werden. Mit den so erhaltenen ξ_1 wird in die Hilfstafel II gegangen und die $\Delta\xi_2$ interpolirt, man erhält so die ξ_2 und interpolirt damit aus Hilfstafel III die $\Delta\xi_3$. So bekommt man das definitive ξ_3, welches nach der Tafel IV in Δb umgesetzt wird. Die Vorzeichen, welche den Correctionen $\Delta\xi_2$ und $\Delta\xi_3$ in Klammern beigesetzt worden, geben an, wie die betreffenden Correctionen an den absoluten Werthen der ξ angebracht werden müssen. Ich habe in den Tafeln II und III geradlinig interpolirt, obgleich hier eine Interpolation von hohem Grad angewendet werden müsste. Man wird die Hilfstafeln I, II, III in so engen Intervallen berechnen, dass eine geradlinige Interpolation zulässig ist. Zur Deduction der Methode genügen die Intervalle vollständig. Die Veränderungen, welche in Gleichung 14) mit u bezeichnet, habe ich weggelassen. Es ist wahrscheinlich, dass dieselben bei gut ausgeführten Instrumenten nur Functionen der Temperatur sind und werden dann die Temperaturcorrection bei denselben t um eine constante Grösse vermehren oder vermindern. Nimmt man an, es sei

$$u = Kt, \text{ worin } K \text{ eine Constante,}$$

so wird an jedem Werth der Hilfstafel I der Werth

$$d\Delta\xi = 1{,}20\ Kt$$

anzubringen sein.

Jetzt kann ich die definitive Reductionstabelle zusammenstellen.

Definitive Reductionstabelle.

$$b_0 = 734{,}60^{\text{mm.}}$$

$t =$	-30^0	-20^0	-10^0	0^0	$+10^0$	$+20^0$	$+30^0$	$= t$
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
$\xi = -20$	+ 14,60	+ 13,59	+ 12,58	+ 11,60	+ 10,60	+ 9,61	+ 8,61	− 20
− 10	+ 8,79	+ 7,77	+ 6,75	+ 5,72	+ 4,69	+ 3,68	+ 2,65	− 10
0	+ 3,72	+ 2,09	+ 1,05	0,00	− 1,06	− 2,14	− 3,22	0
+ 10	− 2,65	− 3,69	− 4,74	− 5,81	− 6,89	− 8,00	− 9,11	+ 10
+ 20	− 8,71	− 9,77	− 10,85	− 11,94	− 13,05	− 14,21	− 15,37	+ 20
$t =$	-30^0	-20^0	-10^0	0^0	$+10^0$	$+20^0$	$+30^0$	$= t$

Mit den Ablesungen ξ und t am Wagebarometer, als Argumenten, erhält man aus obiger Tabelle die Abweichung des auf 0^0 reducirten Luftdruckes von dem normalen Luftdruck $b_0 = 734.60^{mm}$.

Die Differenzen der $\triangle b$, horizontal genommen, gehen so regelmässig, dass die genaue Berechnung für kleinere Temperaturintervalle als 10^0 unnöthig ist. Dagegen wird man wohl die Intervalle für ξ enger nehmen müssen. Für den Gebrauch richtet man sich die Tafel so bequem als möglich ein; man wird sie, um doppelte Interpolation zu ersparen, von Zehntel zu Zehntel Grad Temperatur und ganze Millimeter gehen lassen. Die Zwischenwerthe werden dann natürlich aus den streng berechneten durch Interpolation gefunden.

Die Formeln sind alle so eingerichtet, dass man die Rechenmaschine von Thomas dabei am zweckmässigsten benutzt, und man wird finden, dass beim Gebrauch derselben das Aufstellen der Reductionstabelle eine sehr bequeme Arbeit ist, die im höchsten Falle einige Tage Arbeit in Anspruch nimmt.

Man könnte nun zu den $\varDelta b$ in der Tabelle gleich b_0 hinzufügen, um sofort die Barometerstände zu erhalten, es ist dies aber aus zwei Gründen nicht rathsam.

Zuerst wird man als b_0 den mittleren Barometerstand des Ortes wählen, dann sind die $\varDelta b$ die Abweichungen von diesem mittleren Barometerstande, die in den meisten Fällen von grösserem Interesse sind, als die Quecksilberhöhen selbst. Publicirt man diese $\varDelta b$ und gibt b_0 nur einmal an, so wird sich Jeder die Barometerstände selbst daraus berechnen können und der Herausgeber erspart Druckkosten und Arbeit.

Der wichtigste Grund ist aber folgender: Der Werth b_0, bei dem das Wagebarometer bei $t = 0$, $\xi = 0$ zeigen soll, wird sich etwas ändern. Bei geringen Schwankungen behalten aber die Hilfstafeln und so auch die definitive Reductionstabelle ihre Gültigkeit, man kann dann die Tafel immer benützen und hat nur durch Vergleichungen des Wagebarometers mit einem Normalbarometer den Werth von b_0 aufs Neue zu bestimmen.

Chemnitz, im April 1873.

Spiegelgalvanometer mit regulirbarer Dämpfung.

Von

Victor v. Lang

(Mit Tafel 15, 16, 17.)

Das Galvanometer, dessen Beschreibung ich hier gebe, wurde in der Werkstätte meines Laboratoriums ausgeführt. Es ist nicht nur zur Beobachtung mittelst Fernrohr bestimmt, sondern gestattet auch eine objective Benutzung, wobei selbst im erleuchteten Saale eine gewöhnliche Gas- oder Petroleumflamme genügt. Was diesen letzteren Punct betrifft, so ist die Einrichtung des vorliegenden Instrumentes gleich der, die ich schon früher an einem Wiedemann'schen Galvanometer getroffen habe und die von Dr. Fr. Exner in Carl's Rep. f. Exp. Physik. Bd. V (1869) S. 6 beschrieben wurde.

Das Charakteristische des zu beschreibenden Instrumentes ist nun, dass es innerhalb gewisser Grenzen einen beliebigen Grad der Dämpfung und der Astasie des schwingenden Magnets mit Leichtigkeit herzustellen erlaubt.

Das zeitraubende Schwingen einer Magnetnadel kann nämlich auf zweierlei Art gehindert werden:

Erstens durch blosse Dämpfung, indem man der Nadel grössere Kupfermassen so nahe als möglich bringt.

Zweitens durch Astasie. Durch Nähern eines Hilfsmagnets wird nämlich bei schwacher Dämpfung der Erdmagnetismus so weit aufgehoben, dass die abgelenkte Magnetnadel ohne weitere Schwingung in ihre Ruhelage zurückkehrt. Dieser „aperiodische" Zustand der Magnetnadel wurde von E. Du Bois Reymond[1]) zuerst näher un-

1) Die aperiodische Bewegung gedämpfter Magnete. Monatsber. d. k. Akad. d. Wissensch. zu Berlin. Jahrg. 1869. S. 807 und Jahrg. 1870, S. 537.



tersucht und dessen grosse Bedeutung bei Benützung des Spiegelgalvanometers von demselben hervorgehoben. Die Empfindlichkeit des Galvanometers ist im ersten Falle natürlich sehr gering, dagegen bedeutend im zweiten wegen des aufgehobenen Erdmagnetismus. Und zwar wird das Instrument desto empfindlicher, je schwächer die Dämpfung, weil man dann den Hilfsmagnet näher bringen muss, um den aperiodischen Zustand herbeizuführen.

Will man also die Methode von Du Bois Reymond anwenden, so ist es höchst wünschenswerth, den Grad der Dämpfung reguliren zu können. Es ist aber nicht minder erwünscht, Vorrichtungen für die feinere Bewegung des Hilfsmagnets zu haben, da es sich schliesslich um sehr kleine Stellungsänderungen desselben handelt, die aus freier Hand schwer auszuführen sind.

Ich gehe nun zur Beschreibung des Instrumentes, Fig. 1—6 Tafel 15, 16 über. Sämmtliche Metallbestandtheile desselben mit Ausnahme des Kupfercylinders A und der Magnete sind aus Messing. Auf dem mit Stellschrauben versehenen Dreifuss B erhebt sich der Conus C, welcher oben abgesetzt ist und das prismatische Stück D trägt. Dieses Stück war ursprünglich ein vollständiges rechtwinkeliges Parallelopiped, dessen längste Seite aufwärts gerichtet ist. Parallel der kürzesten Kante, welche die Richtung der Axe des Instrumentes hat, ist das Stück D kreisförmig ausgedreht und in der so gebildeten Oeffnung wird das Rohr E horizontal festgehalten. Von der Mitte der oberen Fläche des Stückes D geht eine enge Bohrung bis durch die obere Fläche des Rohres E. Durch diese Bohrung wird der Coconfaden geführt, welcher den möglichst leichten Glasspiegel F trägt, auf dessen Rückwand eine magnetisirte ganz feine Nähnadel klebt.

Concentrisch zu dem Rohre E ist das Parallelopiped D ausgedreht nahezu bis zur verticalen Bohrung, damit die Multiplicatorrolle G dem Magnet möglichst genähert werden kann.

An der Vorderseite des Stückes D ist das Rohr E durch eine planparallele Glasplatte oder durch die planconvexe Linse H geschlossen, je nachdem man mit dem Fernrohre oder objectiv beobachten will. Auf der hinteren Seite des Spiegels F befindet sich im Rohre E der Kupfercylinder A, durch dessen Annäherung an den Magnet eine ungeheure Dämpfung hervorgebracht werden kann. Diese Näherung kann durch die Schraube J und die Vorrichtung K so bewirkt werden, dass der Kupfercylinder sich dabei nicht dreht, um einen möglichst

gleichförmigen Gang dabei zu erzielen. Die Mutter der Schraube *J* ist in den Knopf *L* eingeschnitten, der blos durch Reibung in der Röhre *E* steckt. Der Kupfercylinder *A* dient zugleich als Hemmung für den Magnetspiegel.

Der die Astasie bewirkende Hilfsmagnet *M* kann in dem etwas kürzeren Rohr *N* mit der Hand verschoben, und durch die Schraube *O* festgeklemmt werden. Die feinere Einstellung geschieht durch die Mikrometerschraube *P*, welche den Schlitten *Q* und das darauf befestigte Rohr *N* sammt Hilfsmagnet *M* bewegt. Die Schraube *P* und die Backen *R* des Schlittens sind auf der Platte *S* befestigt, die auf der andern Seite ein Gegengewicht *T* trägt. Der horizontale Hilfsmagnet *M* befindet sich aber in einem etwas tieferen Niveau, als der Spiegelmagnet, damit bei der objectiven Benützung des Instrumentes die Beleuchtung in gewissen Stellungen weniger gestört wird.

Ausser der Näherung muss aber der Hilfsmagnet auch noch gedreht werden können. Zu dem Zwecke bewegen sich auf dem Conus *C* zwei Hohlkegel, wovon der innere *U* bei seiner Drehung durch Reibung den äusseren *V* mitnimmt, welcher die Platte *S* mit dem Hilfsmagnet trägt. Die grobe Einstellung geschieht nämlich durch Drehung des äusseren Hohlkegels *V*, während zum Behufe der feineren Drehung der innere Hohlkegel *U* unten eine Scheibe *W* trägt, in deren Rand die Hälfte einer Schraubenmutter geschnitten ist. Die Schraube *X* wird durch die Feder *Y* in die Gänge dieser Mutter gedrückt, ausserdem wird aber diese Schraube durch das gabelförmige Stück *Z* gehalten, welches an dem Dreifuss *B* befestigt ist.

Was die Aufhängevorrichtung des Magnetspiegels betrifft, so hat die verticale Bohrung des Parallelopipeds *D* in ihrer oberen Hälfte einen grösseren Durchmesser. In diese weitere Bohrung passt das untere Ende des ebenfalls durchbohrten drehrunden Stückes *a*. Letzteres kann mit Hilfe der Scheibe *b* um eine verticale Axe gedreht und durch die Schraube *c* festgeklemmt werden. Oben ist das Stück *a* weiter ausgedreht und durch eine eingepasste abnehmbare Scheibe *d* geschlossen, die an einer Stelle vom Rande bis zum Centrum aufgeschnitten ist und zur Centrirung des Fadens dient. Der Faden ist nämlich an einer durchlöcherten Welle *e* befestigt, die auf das horizontale Ende eines starken Drahtes *f* aufgesteckt ist. Das andere Ende des rechtwinkelig umgebogenen Drahtes ist an der Scheibe der-

art festgemacht, dass durch die excentrische Stellung der Welle *e* der Faden gerade in die Mitte der Bohrung zu hängen kommt.

Die Figg. 7—9 Tafel 16, 17 geben die Einrichtung zur objectiven Benützung. Die Tischplatte *g* trägt an dem einen Ende die Holzbank *h*, worauf das Galvanometer steht. Am anderen Ende befindet sich senkrecht zur Längsrichtung das verticale Brett *i* mit der Skala und einer Oeffnung $\alpha\alpha$, um das Licht der Lampe *k* durchzulassen. Vor dem Brette steht noch zur Abhaltung des seitlichen Lichtes der Kasten *l*, der nur dem Galvanometer gegenüber eine kleine Oeffnung $\beta\beta$ hat. In den Kasten kann noch der Schieber *m* gesetzt werden, in welchen eine Oeffnung $\gamma\gamma$ geschnitten ist, wie sie gerade der specielle Zweck erfordert. Die Lampe *k* kann durch die Vorrichtung *n* höher und tiefer gestellt werden.

Mit Hilfe dieses Gestells kann man die Torsion des Fadens ganz wegbringen. Man stellt nämlich zuerst das Brett *i* parallel dem magnetischen Meridian, was mittelst einer auf den Kasten *l* gesetzten Boussole leicht bewerkstelligt werden kann. Dann setzt man in das Galvanometer die Linse *H* mit der convexen Seite nach aussen ein. Auf diese Weise erhält man durch Spiegelung von der Linse ein schwaches Bild der Flamme auf der Skala und kann nun das Galvanometer um die verticale Axe so drehen, dass das Bild der Flamme mit der Mitte der Skala zusammenfällt. Man hat dann nur die Scheibe *b* so lange zu drehen, bis auch das vom Magnetspiegel entworfene Bild in die Mitte der Skala fällt. Diese Methode setzt freilich voraus, dass die Mitten von Flamme, Skala und Galvanometer in einer zur Ebene des Brettes *i* senkrechten Verticalebene liegen.

Sonst kann man aber die Torsion auch nach der Methode Lamont's bestimmen, indem man den Magnetspiegel durch einen andern Magnet wiederholt um 360° herumdreht.

Noch will ich bemerken, dass, wenn bei der gewählten Aufstellung des Galvanometers der Hilfsmagnet eine solche Lage erfordern sollte, dass das Licht der Lampe oder die Visirlinie des Fernrohres dadurch gedeckt würde, man sich leicht dadurch helfen kann, dass man einen passenden Magnetstab in einer zum magnetischen Meridian nahezu senkrechten Richtung unter das Galvanometer legt.

Gramme's magnet-electrische Maschine.

Von

Alfred Niaudet Breguet.

Das Problem, das sich Gramme vorgelegt hat, besteht darin, die mechanische Kraft vermittelst des Magnetismus in Electricität umzusetzen.

Pixii hat zuerst dieses Problem gelöst durch die Construction einer Maschine, die unter dem Namen der Clarke'schen Maschine bekannter ist, und welche eine Reihe von Vervollkommnungen durch Wilde, Siemens, Wheatstone und Ladd erfahren hat.

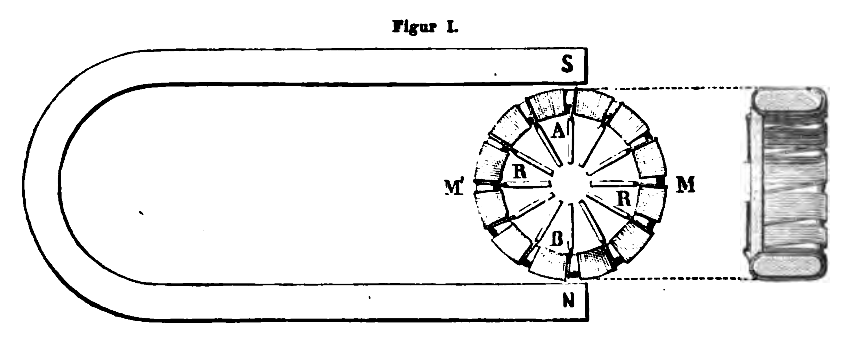
Alle diese auf dem gleichen Principe basirten Apparate erzeugen abwechselnd entgegengesetzt gerichtete Ströme, so dass man für manche Zwecke die Maschine mit einem Commutator versehen muss. Dieser Theil nützt sich rasch ab durch die Funken, die dort unvermeidlich entstehen und diese Funken selbst vernichten eine beträchtliche Menge der erzeugten Electricität.

Viele Physiker dachten deshalb auf Mittel, um continuirliche Inductionsströme zu erzeugen; Gramme hat eine ungemein practische Lösung gefunden, die auf einem ganz eigenthümlichen Kunstgriffe beruht.

Sein Apparat besteht (Figur 1) aus einem Electromagneten AB von besonderer Form, der sich zwischen den Polen NS eines Magneten oder eines Electromagneten bewegt.

Der bewegliche Electromagnet AB bietet das Ansehen eines Ringes, der sich um seinen Mittelpunct und in seiner Ebene dreht. Man kann ihn einen „Electromagneten ohne Ende" nennen, denn sowohl der Kern ist ein vollständiger Ring von Eisen ohne Unterbrechung und ebenso läuft auch der auf diesen Kern aufgewundene Draht ohne jede Unterbrechung in sich selbst zurück. Man kann sich denselben entstanden denken aus einem geraden Electromagneten, den

Figur I.



man kreisförmig umgebogen hätte und wobei dann die Enden — Eisen gegen Eisen und Draht gegen Draht — aneinander gelöthet wären. Bekanntlich sind gewisse Electromagnete (namentlich die der Funkeninductoren) aus einer Reihe getrennter Rollen gebildet, die hinter einander aufgestellt und verbunden sind; in gleicher Weise ist auch der Draht auf dem Ringe von Gramme vertheilt.

Um die Wirkung der Maschine zu verstehen, muss man auf den einfachsten Versuch über die Induction zurückgehen und denselben vollständig analysiren. Denken wir uns einen Magnetstab von 1 Meter Länge und eine Drahtspirale in gegenseitiger Bewegung. Nähert man die Spirale dem Stabe, so wird ein Inductionsstrom erzeugt. Lässt man den Stab in die Spirale eintreten durch eine Reihe successiver Bewegungen von gleicher Grösse, z. B. 5 Centimeter, so bemerkt man, dass einer jeden dieser Bewegungen ein Inductionsstrom entspricht und dass diese Ströme gleiche Richtung haben bis zu dem Momente, wo die Spirale über dem Indifferenzpuncte des Magneten zu stehen kommt, und dass sie entgegengesetzte Richtung erhalten, wenn die Bewegung in der gleichen Richtung über den Indifferenzpunct hinaus fortgeht.

Man hat also bei der ganzen Bewegung der Spirale über den Magneten zwei getrennte Perioden zu unterscheiden; in der ersten Hälfte der Bewegung laufen die Ströme in directer, in der zweiten Hälfte in entgegengesetzter Richtung.

Was geht nun bei der Maschine von Gramme vor sich? Der Eisenring wird unter dem Einflusse der Magneten magnetisirt und der Magnetismus ist darin in folgender Weise vertheilt. Bei B und A liegen die Pole, während an den rechtwinkelig dagegen gelegenen Puncten M, M' Indifferenzpuncte liegen. Bei der Bewegung des Ringes wird diese Vertheilung des Magnetismus nicht geändert, wenigstens

nicht in Bezug auf die Lage, wiewohl sie beständig in dem Eisen wechselt, das keine Coërcitivkraft besitzt.

Alles geht daher ebenso vor sich, als wenn das Eisen unbeweglich wäre und sich nur die Drahtspiralen über einen Magnetstab bewegen würden. Verfolgt man diese Analyse weiter, so sieht man, dass in jeder der Rollen des Gramme'schen Ringes, wenn man sie gesondert betrachtet, ein Strom entsteht, der von einem der Pole *A* aus die directe Richtung beibehält bis zur neutralen Linie *M*, die entgegengesetzte Richtung erhält von *M* bis zum Pole *B*, diese entgegengesetzte Richtung beibehält von *B* bis zur neutralen Linie *M'* und von *M'* bis zum Pole *A* wieder die directe Richtung annimmt. Mit anderen Worten: der Strom, der in einer der Rollen entsteht, behält die gleiche Richtung von einem neutralen Puncte zum andern. Ist seine Richtung über dieser Linie direct, so ist sie unter derselben entgegengesetzt.

Wir sehen hieraus, dass die 15 Rollen, welche in einem gegebenen Momente in dem oberen Halbkreise liegen, alle zugleich von direct gerichteten Strömen durchlaufen werden, die nach Intensität verbunden sind, während die untere Hälfte gleichfalls der Sitz von entgegengesetzt gerichteten Strömen, wieder zur Intensität verbunden, ist. Der gesammte obere Strom wird genau äquilibrirt durch den gesammten unteren Strom, und die ganze Maschine lässt sich mit zwei Batterien von je 15 Elementen vergleichen, die in die Oppositionsverbindung gebracht sind. Will man ein solches System verwenden, so hat man blos die beiden Enden eines Schliessungsbogens mit den gemeinsamen entgegengesetzten Polen beider Batterien zu verbinden, so sind die Ströme beider Batterien nicht mehr nach Opposition, sondern nach Quantität verbunden.

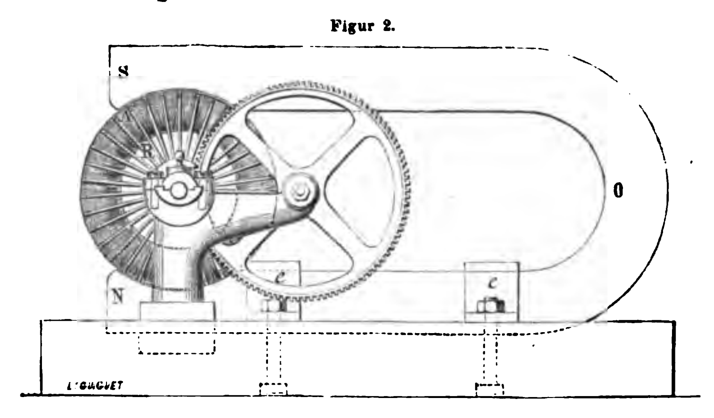
Auf diese Weise muss man die im Gramme'schen Ringe entwickelten Ströme vereinigen, man muss die Collectoren auf der Linie der Indifferenzpuncte anbringen. Diese Collectoren sind Metallpinsel, die sich auf den Metallstücken *R* (Fig. 4) reiben, welche wieder metallisch mit den Verbindungspuncten der Rollen vereinigt sind.

Da diese Anordnung vollständig neu ist, so wird es gut sein, dabei einen Augenblick stehen zu bleiben, um sie gut zu begreifen.

Die Figur 1 zeigt ganz deutlich die verschiedenen Rollen oder Elemente des Ringes und die strahlenförmig angeordneten Stücke *R*, die von einander isolirt sind, und wovon jedes mit dem Ende des

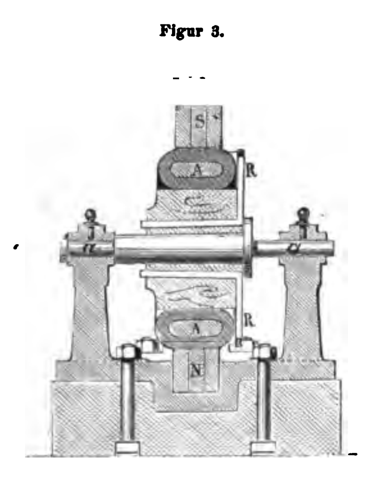
Drahtes einer Rolle und mit dem Anfange des Drahtes der nächstfolgenden Rolle verbunden ist; man sieht also, dass die Ströme an den Stücken *R* ebenso vereinigt werden, wie wenn die Drähte der Rollen direct aneinander gelöthet wären.

Figur 2.



Die Figur 2 stellt den Apparat von hinten gesehen dar, man sieht auch hier die strahlenförmig angeordneten Stücke *R*.

Figur 3.

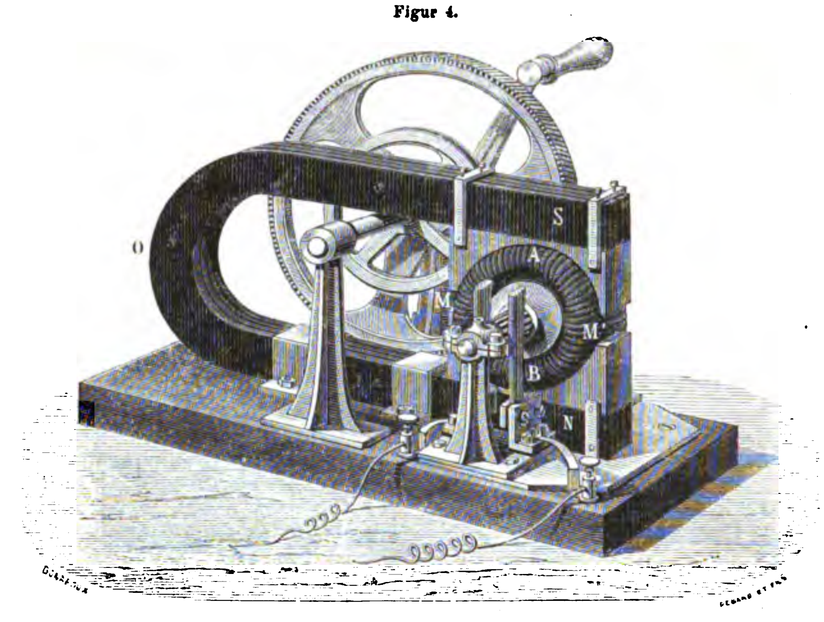


Die Figur 3 zeigt, dass die Stücke *R* rechtwinkelig abgebogen sind und dass ihr zweiter, parallel zur Axe gelegener Theil durch das Innere des Ringes hindurchgeht und dann noch über denselben vorsteht.

Die Figur 4 endlich (Seite 156), welche den Apparat von vorne gesehen darstellt, zeigt, wie die Enden der Stücke *R* auf einen Cylinder von kleinem Durchmesser zusammenlaufen, dabei aber doch gut von einander isolirt sind. Man sieht hier auch noch die Metallpinsel, die sich an den Stücken *R* reiben in einer Ebene, die senkrecht auf der Verbindungslinie der Pole steht, d. h. in den mittleren oder neutralen Puncten.

Nach dem Vorstehenden ist leicht einzusehen, dass der von der Maschine gelieferte Strom seine Richtung mit der Richtung, in welcher gedreht wird, wechselt. Ebenso nimmt die Intensität des Stromes mit

Figur 4.



der Rotationsgeschwindigkeit zu, und da der Widerstand ein constanter ist, so kommt man auf den Gedanken, dass nur die electromotorische Kraft sich ändert. Der Versuch hat ergeben, dass die electromotorische Kraft der Geschwindigkeit proportional ist; dieses Resultat wurde durch mehrfach in Frankreich und England angestellte Versuche erhalten.

Die Continuität des Stromes folgt deutlich aus dem Vorstehenden; die Bewegung der Electricität ist continuirlich und der Schliessungskreis ist nie unterbrochen, denn die reibenden Pinsel berühren schon eines der radialen Stücke, ehe sie das vorhergehende vollständig verlassen haben, und bei ihrer Biegsamkeit hat immer eine Berührung in mehreren Puncten, wenn auch nicht der ganzen Länge nach, statt.

Die Maschine von Gramme liefert continuirliche Ströme wie eine Batterie; diese Ströme sind constant, so lange die Bewegung gleichförmig ist, und man kann ihre Intensität innerhalb sehr weiter Grenzen je nach der Geschwindigkeit der Bewegung variiren.

Man kann die Maschine sehr leicht modificiren, um Intensitäts- und Quantitäts-Ströme zu erzeugen, je nachdem man auf den Ring dicken oder feinen Draht aufwindet. Der innere Widerstand lässt sich so beliebig variiren und diesen verschiedenen Widerständen entsprechen verschiedene Spannungen der von der Maschine gelieferten

Electricität. Die Theorie zeigt, dass für den gleichen Aufwand an mechanischer Kraft die Spannung im umgekehrten Verhältniss der Quadratwurzel aus dem Widerstande wechselt.

Da man die Maschine von Gramme wie ein galvanisches Element betrachten kann, so lässt sie sich mit anderen Elementen sowohl nach Intensität als nach Quantität verbinden, um Wirkungen zu erhalten, die sich im Voraus berechnen lassen.

Die Anwendungen dieser Maschine sind leicht zu realisiren. Schon seit sechs Monaten wird in den Ateliers von Christofle eine Maschine von grossen Dimensionen verwendet, die durch eine Dampfmaschine in Bewegung gesetzt wird. Diese Maschine hat einen sehr geringen Widerstand und eine sehr geringe Spannung (blos gleich zwei Bunsen'schen Elementen), allein sie liefert die gleiche Quantität wie 32 Bunsen'sche Elemente. Andere Maschinen werden construirt und es dürfte der Zeitpunct nicht mehr ferne sein, wo alle grossen galvanoplastischen Fabriken die Batterie durch die Maschine von Gramme ersetzen. Die durch diese Substitution erreichte Oeconomie beträgt mehr als 80 Procent.

Eine erste Maschine, die für das Kohlenlicht construirt wurde, hat ganz unerwartete Resultate ergeben; man hat mit dem Photometer die Lichtstärke gleich 900 Carcel'schen Lampen erhalten, so dass wir es mit der intensivsten künstlichen Lichtquelle zu thun haben, die jemals hergestellt wurde. Diese Maschine erforderte 4 Pferdekräfte; es wird leicht sein, weniger kräftige Maschinen zu construiren, die blos eine einzige Pferdekraft erfordern. Diese Apparate, die eine sehr einfache und solide Construction besitzen, lassen sich mit Vortheil am Bord der Schiffe verwenden; sie haben nicht die Missstände, welche die Marine verhinderten, die Maschinen der Alliance-Compagnie in Anwendung zu bringen. Die zahlreichen Zusammenstösse, die kürzlich im Canal und dem Irländischen Meere vorkamen, geben dieser Anwendung ein erhöhtes Interesse.

Die Aerzte haben schon erkannt, dass die Maschine von Gramme in allen Fällen ausreicht, in welchen sie die Electricität anwenden.

Es werden auch Maschinen von mittlerer Grösse construirt, welche sich mit der Hand bewegen lassen und welche die meisten Vorlesungsversuche auszuführen gestatten; sie sind gleich nützlich in den phy-

sikalischen und chemischen Laboratorien für Versuche, welche keine lange Zeitdauer in Anspruch nehmen; sie ersparen den Uebelstand, eine Bunsen'sche Batterie zu füllen, eine Operation, die ziemlich lange Zeit in Anspruch nimmt und die man oft nicht ausführt, weil es sich blos um einen Versuch handelt, der blos einige Minuten oder gar Secunden beansprucht. Ausser der Zeit bietet die Maschine aber eine beträchtliche Ersparniss an Säuren und an Zink.

Im Uebrigen ist es für eine Reihe von Versuchen interessant, die Stromstärke in dem Momente genau zu kennen, wo man eine bestimmte Erscheinung hervorruft. Bei unserem Apparate reicht es hin, für einen gegebenen Moment die Geschwindigkeit genau zu messen, was sich leicht mittelst einer Stimmgabel ausführen lässt, die ihre Vibrationen auf eine Platte schreibt, welche an der Bewegung des Ringes Theil nimmt.

Zum Schlusse wollen wir noch die Maschine von Gramme von einem andern interessanten Gesichtspuncte aus betrachten. Man hat vielfach zwei Probleme zu lösen versucht: 1) die Electricität in mechanische Kraft umzusetzen, d. h. electrische Motoren zu construiren, 2) die mechanische Kraft in Electricitat umzusetzen, d. h. electrische Maschinen herzustellen.

In Wirklichkeit kann man keines dieser Probleme lösen, ohne auch das andere mitzulösen. Alle die netten electromagnetischen Maschinen von Wheatstone, Froment und anderen Physikern, welche vom Standpuncte des ersten Problemes aus construirt wurden, d. h. für eine Erzeugung von Kraft, können umgekehrt und zu magnetelectrischen Maschinen gemacht werden; es reicht zu diesem Behufe hin, sie im Sinne ihrer gewöhnlichen Bewegung zu drehen, um electrische Ströme zu erzeugen, deren Richtung denen entgegengesetzt ist, welche die Bewegung erzeugt hatten. Andererseits können die Electrisirmaschinen, die Maschine von Holtz, die Maschine von Pixii (in allen ihren Formen, Clarke, Siemens, Wilde, Ladd) Motoren werden; es genügt, um sie in Drehung zu versetzen, sie einer Electricitätsquelle zu unterwerfen, deren Electricität entgegengesetzt derjenigen Electricität ist, welche von der Maschine entwickelt worden wäre.

Um diese Umkehrbarkeit der Function bei der Gramme'schen Maschine zu übersehen, kann man den folgenden netten Versuch an-

stellen. Man ladet ein secundäres Element von Planté[1]) mit dem Strome der Gramme'schen Maschine, die mit der Hand gedreht wird; nach zwei oder drei Minuten, wenn die secundäre Batterie bis zur Sättigung geladen ist, hört man auf, die Maschine zu drehen oder hält sie ganz auf — sogleich beginnt sie wieder sich zu bewegen unter dem Einflusse des von der secundären Batterie kommenden Stromes.

In der ersten Periode circulirt der von der Maschine erzeugte Strom in directer Richtung, in der zweiten Periode hat der durch sie erhaltene Strom die entgegengesetzte Richtung und das von Lenz gefundene Gesetz ist bestätigt, da in beiden Fällen die Maschine sich in der gleichen Richtung dreht.

---

1) Wir werden die Beschreibung der Ladungssäule von Planté in einem der nächsten Hefte bringen. Carl.

Ein Procent-Hygrometer.

Von

Dr. A. Wolpert,

Professor an der kgl. Industrieschule zu Kaiserslautern.

(Hiezu Tafel 18.)

Seit etwa 20 Jahren ist die Beschaffenheit der Luft in Wohngebäuden, namentlich in Krankenhäusern, Schulen, Kasernen u. dgl. vielfach Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen geworden. Solche Untersuchungen beschränken sich fast immer auf die Ermittelung des Gehaltes der Luft an Kohlensäure, womit die Menge der übrigen Ausscheidungsstoffe unserer Lunge und Haut als proportional angenommen wird, nämlich die Menge des Wassers sowie die Menge der flüchtigen organischen Substanzen, welche durch Respiration und Perspiration in die Luft übergehen und sich bei einiger Anhäufung durch den Geruch bemerkbar machen. Da wir keine Methode besitzen, die Menge der organischen Substanzen in der Luft quantitativ zu bestimmen, so haben wir in diesen keinen Maassstab für die Luftverschlechterung, ausser den Geruchsinn von verschiedener Empfindlichkeit. Da ferner der Wassergehalt der Luft in der Atmosphäre sehr veränderlich ist, die Feuchtigkeit der Luft in den Wohnungen auch viel von der hygroscopischen Beschaffenheit der Baumaterialien und Wandbekleidungen sowie davon abhängt, ob ein Bau neu oder älter ist, ob ein Raum hoch oder tief, nach Norden oder Süden liegt u. s. w., so kann auch die Wassermenge in der Luft eines Raumes keinen Maassstab für die Reinheit oder Verschlechterung der Luft daselbst abgeben. Aber von dem Wassergehalte der Luft in den Wohnungen hängt Gesundheit und Behaglichkeit grossen Theils ab. Eine Zimmerluft mag eine entsprechende Temperatur und sehr wenig Kohlensäure und organische Effluvien haben; wenn sie aber bedeutend mehr oder weniger als die Hälfte ihrer Sättigungsmenge Wasser enthält, so wirkt sie belästigend und mit der Dauer nachtheilig auf den normalen menschlichen Organis-

mus. Noch schlimmer ist, dass ein von feuchter Luft erfüllter, mit feuchten Wänden umgebener Raum die organischen Substanzen in Menge festhält und leicht die Fäulniss derselben veranlasst.

In Folge dessen kann ein Raum, in welchem sich keine zu grosse Anhäufung Kohlensäure nachweisen lässt, doch eine sehr schlechte, für die Gesundheit gefährliche Luft enthalten.

Diesem gegenüber ist eine sehr trockene Luft ein geringes Uebel, und es ist mit Rücksicht darauf, wenn man das Wohl der Jugend im Auge hat, Schrecken erregend zu sehen, welche Wassermassen in manchen neuen Schulhäusern bei Benützung der Luftheizung in Befolgung der von den Fabrikanten der Heizapparate gegebenen Instructionen täglich verdampft werden. Die Befeuchtung der Heiz- und Ventilationsluft ist zwar nicht geradezu verwerflich, sie ist sogar unter manchen Umständen sehr zu empfehlen; aber nur dann, wenn sie durch Hygrometerbeobachtungen controlirt und regulirt wird. Hohe Zeit ist es, dass sich competente Männer dieser Sache energisch annehmen und mit dem Hygrometer in der Hand unwissenden oder gewissenlosen Fabrikanten das Unsinnige ihrer Heizinstructionen nachweisen.

Welches Hygrometer soll man aber da, und zur Controlirung des Wassergehaltes der Luft in den Wohnungen überhaupt, anwenden? Diese Frage ohne befriedigende Antwort hat Veranlassung zu der Construction eines Hygrometers gegeben, dessen Theorie hier mitgetheilt werden soll.

Der Hygrometerfaden und die Fadencurven.

Ein fadenähnlicher Körper bestehe aus zwei über einander liegenden, fest verbundenen Schichten, einer sehr dünnen, in ihrer Länge, Breite und Dicke unveränderlichen, nicht hygroscopischen und einer ebenso dünnen oder auch dickeren hygroscopischen Schichte, deren Dicke in vollkommen feuchtem Zustande D sei. Wird der Faden, welcher im feuchten Zustande als gerade angenommen werden mag, trockener, so erfolgt eine Biegung desselben, und wenn hiebei alle Theilchen der hygroscopischen Schichte gleichmässig schwinden, so muss die Gestalt des Fadens immer ein Kreisbogen sein.

Für irgend einen Trockenheitsgrad sei nun (Fig. 1, Tafel 18)

R der Radius der hygroscopischen Schichte mit Einschluss ihrer Dicke,

L die Länge an der convexen Seite dieser Schichte,

l die Länge an der concaven Seite derselben,
d die Dicke der hygroscopischen Schichte.

Dann verhält sich

$$R : (R-d) = L : l$$

woraus gefunden wird:

$$R = \frac{Ld}{L-l} \tag{1}$$

Um die veränderlichen Grössen d und $(L-l)$ mit Einführung von Schwindcoëfficienten auszudrücken, werde vorerst angenommen, das Schwinden der hygroscopischen Schichte bei zunehmender Trockenheit erfolge gleichmässig nach allen Dimensionen und es sei allgemein

$$L-l = \frac{m}{n} L \tag{2}$$

ebenso $D - d = \frac{m}{n} D$,

also $d = D \frac{n-m}{n}$ (3)

Dann erhält man durch Substitution in Gleichung (1)

$$R = \frac{LD\frac{n-m}{n}}{\frac{m}{n}L} = D\frac{n-m}{m} \tag{4}$$

Je grösser demnach der Werth des Schwindcoëfficienten $\frac{m}{n}$ ist und je kleiner die Dicke der hygroscopischen Fadenschichte, desto kleiner wird unter sonst gleichen Umständen der Krümmungsradius, desto bedeutender also die Krümmung der Fadencurve.

Für $\frac{m}{n} = \frac{1}{100}$ wäre $R = 99\,D$,

für $\frac{m}{n} = \frac{1}{1000}$ wäre $R = 999\,D$.

Je nachdem der Faden verhältnissmässig kurz oder lang genommen wird, bildet die Fadencurve im Zustande der Trockenheit einen Theil eines Kreises oder einen vollen Kreis oder auch mehrere sich deckende Kreise. Dieses ergibt sich klar und unmittelbar als theoretische Folgerung; in der Wirklichkeit gilt es gewöhnlich nur für die Projection des hygroscopischen Fadens, welcher im Raume eine Schraubenlinie bildet, da sich die meisten hygroscopischen Fäden bei der erwähnten Krümmung zugleich ein wenig drehen. Dieser Umstand, welcher für die Theorie unberücksichtigt bleiben darf, bietet für die

Anwendung den Vortheil, dass der Faden sich über einen niederen Befestigungszapfen ungehindert hinweg bewegen kann. Von gegenwärtiger theoretischen Betrachtung ausgeschlossen und auch für die Anwendung weniger geeignet sind solche Fäden, welche sich bedeutend drehen, also bei der Krümmung sich auffallend in windschiefen Flächen bewegen.

Die Hygrometercurve.

Ist der in feuchtem Zustande gerade hygroscopische Faden in einem Puncte a eingeklemmt, so beschreibt das freie Ende b bei zunehmender Trockenheit eine Curve, welche von b bis zur erstmaligen Ueberschreitung des Punctes a Aehnlichkeit mit einer Kreisevolvente hat und zum Unterschiede von den kreisbogenförmigen Fadencurven Hygrometercurve genannt werden mag. (Fig. 2.) Eine allgemeine Gleichung für die Hygrometercurve lässt sich wie folgt ermitteln (Fig. 3): Die gerade Fadenlinie ab sei in Bogenlinie ab_1 übergegangen und es sollen die Polarcoordinaten des Punctes b_1 in Bezug auf den Pol a bestimmt werden.

Der Punct b_1, wie irgend ein Punct der Hygrometercurve, ist vollständig bestimmt, wenn als Radiusvector für den Winkel φ die Sehnenlänge S gefunden ist, welche aber auch von der gegebenen constanten Fadenlänge ab ($= ab_1 =$ Bogenlänge B) unmittelbar abhängig ist. Die allgemeine Gleichung muss demnach die Form haben

$$S = B \,.\, F(\varphi)$$

wobei $F(\varphi)$ irgend eine Function des Winkels φ ist.

Wird mit R der Radius der kreisbogenförmigen Fadencurve B bezeichnet, so hat man mit Einführung des dem Bogen B entsprechenden Centriwinkels, welcher doppelt so gross ist wie der Winkel der Sehne und Tangente und deshalb mit 2φ bezeichnet werde:

$$B = \operatorname{arc} 2\varphi \,.\, R = 2 \operatorname{arc} \varphi \,.\, R \tag{5}$$

ferner

$$S = 2 \sin \varphi \,.\, R \tag{6}$$

also durch Vereinigung beider Werthe in eine Gleichung:

$$B : S = \operatorname{arc} \varphi : \sin \varphi$$

und daraus

$$S = \frac{B \sin \varphi}{\operatorname{arc} \varphi} \tag{7}$$

Dieses ist die gesuchte Gleichung der Hygrometercurve.

Es sei z. B. $\varDelta\varphi = 0^0$, dann ist

$$S = B \cdot \frac{0}{0}$$

Der Ausdruck ist unbestimmt; der Quotient der Differentiale ist

$$\frac{B . \cos\varphi\, d\varphi}{d\varphi} = B \cos\varphi$$

und gibt für $\varphi = 0$ den bestimmten Werth $S = B$.

Dieses Resultat ist richtig, weil für $\varDelta\varphi = 0$ der Bogen vollständig mit der Sehne zusammenfällt.

Für $\varDelta\varphi = 30^0$ wird $\sin 30^0 = 0{,}5$

$$\text{und } \operatorname{arc} 30^0 = \frac{30}{180}\pi = 0{,}5236$$

also
$$S = \frac{B \sin 30^0}{\operatorname{arc} 30^0} = \frac{B . 0{,}5}{0{,}5236} = 955\, B.$$

Der variable Radius R, welcher der veränderlichen Sehne S bei constanter Bogenlänge B entspricht, wird bei der Zunahme des Winkels φ immer kleiner und zwar ist nach Gleichung (5)

$$R = \frac{B}{2 \operatorname{arc} \varphi}$$

Beispielsweise wird

für $\varDelta\varphi = 0$ wird $R = \dfrac{B}{0} = \infty$

für $\varDelta\varphi = 30^0$ wird $R = \dfrac{B}{2 . 0{,}5236} = 0{,}955\, B.$

Weitere Werthe sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Winkel φ in Graden	$\sin\varphi . R$	$\operatorname{arc}\varphi . R = \frac{\varphi}{180}\pi . R$	Sehne $S = \frac{\sin\varphi}{\operatorname{arc}\varphi} B$ (Radius vector.)	Radius der Fadencurve $R = \frac{B}{2 \operatorname{arc}\varphi}$
0	$0{,}000\, R_0$	$0{,}0000\, R_0$	$1{,}000\, B$	$R_0 = \infty$
30	$0{,}500\, R_1$	$0{,}5236\, R_1$	$0{,}955\, B$	$R_1 = 0{,}955\, B = 1\, R_1$
60	$0{,}866\, R_2$	$1{,}0472\, R_2$	$0{,}827\, B$	$R_2 = 0{,}477\, B = \frac{1}{2} R_1$
90	$1{,}000\, R_3$	$1{,}5708\, R_3$	$0{,}636\, B$	$R_3 = 0{,}318\, B = \frac{1}{3} R_1$
120	$0{,}866\, R_4$	$2{,}0944\, R_4$	$0{,}413\, B$	$R_4 = 0{,}239\, B = \frac{1}{4} R_1$
150	$0{,}500\, R_5$	$2{,}6180\, R_5$	$0{,}190\, B$	$R_5 = 0{,}191\, B = \frac{1}{5} R_1$
180	$0{,}000\, R_6$	$3{,}1416\, R_6$	$0{,}000\, B$	$R_6 = 0{,}159\, B = \frac{1}{6} R_1$
210	$-0{,}500\, R_7$	$3{,}6652\, R_7$	$-0{,}136\, B$	$R_7 = 0{,}136\, B = \frac{1}{7} R_1$
240	$-0{,}866\, R_8$	$4{,}1888\, R_8$	$-0{,}206\, B$	$R_8 = 0{,}119\, B = \frac{1}{8} R_1$
270	$-1{,}000\, R_9$	$4{,}7124\, R_9$	$-0{,}212\, B$	$R_9 = 0{,}106\, B = \frac{1}{9} R_1$
300	$-0{,}866\, R_{10}$	$5{,}2560\, R_{10}$	$-0{,}165\, B$	$R_{10} = 0{,}096\, B = \frac{1}{10} R_1$
330	$-0{,}500\, R_{11}$	$5{,}7596\, R_{11}$	$-0{,}086\, B$	$R_{11} = 0{,}087\, B = \frac{1}{11} R_1$
360	$0{,}000\, R_{12}$	$6{,}2832\, R_{12}$	$0{,}000\, B$	$R_{12} = 0{,}079\, B = \frac{1}{12} R_1$
390	$0{,}500\, R_{13}$	$6{,}8068\, R_{13}$	$0{,}073\, B$	$R_{13} = 0{,}073\, B = \frac{1}{13} R_1$
420	$0{,}866\, R_{14}$	$7{,}3304\, R_{14}$	$0{,}118\, B$	$R_{14} = 0{,}068\, B = \frac{1}{14} R_1$
450	$1{,}000\, R_{15}$	$7{,}8540\, R_{15}$	$0{,}127\, B$	$R_{15} = 0{,}064\, B = \frac{1}{15} R_1$
480	$0{,}866\, R_{16}$	$8{,}3776\, R_{16}$	$0{,}103\, B$	$R_{16} = 0{,}060\, B = \frac{1}{16} R_1$

Diese Tabelle bietet, wie die Hygrometercurve, in wissenschaftlicher Hinsicht mehrfaches Interesse und kann dazu dienen, die Hygrometercurve in einer bedeutenden Ausdehnung, sowie eine Anzahl von Fadencurven richtig aufzuzeichnen.

Die Hygrometerscala.

Es liegt nahe, mittels der Scala zugleich den Weg zu bezeichnen, welchen das freie Fadenende durchläuft. Man kann also die Scala aus denjenigen Puncten bestehen lassen, an welchen das freie Fadenende, beziehungsweise dessen Projection, bei den relativen Feuchtigkeiten 100, 90, 80 Procent u. s. w. sich befindet. (Fig. 4).

Um eine solche Scala (Wegscala oder Punctscala) zu erhalten, wird man für die gewählte Fadenlänge die Hygrometercurve in genügender Ausdehnung provisorisch auf die Hygrometerplatte auftragen, dann die äussersten Puncte 100 und 0 und zuletzt die Zwischenpuncte definitiv bezeichnen, wobei das Nachfolgende in Betreff der gleichen oder ungleichen Theilung zu berücksichtigen ist.

Da man aber von langen Fäden, welche sich in der Trockenheit mehrfach zusammenwinden, in der Regel zweckmässig nur so grosse Stücke benützt, dass bei vollkommener Trockenheit die Projection der Fadencurve noch keinen geschlossenen Kreis bildet, so dass also das freie Fadenende nicht bei zwei verschiedenen Trockenheitsgraden in eine und dieselbe Sehnenrichtung fallen kann, so genügt eine Winkelscala, wobei die Winkelschenkel mit den Richtungen der Fahrstrahlen der Hygrometercurve für die entsprechenden Trockenheitsgrade zusammenfallen, und man braucht weder die Fadencurven noch die Hygrometercurve aufzutragen (Fig. 5).

Die äussersten Puncte oder äussersten Winkelschenkel der Scala, nämlich 0 für vollkommene Trockenheit und 100 für die Maximalfeuchtigkeit, muss man wohl bei jedem Faden experimentell feststellen durch vollständige Trocknung des Fadens und Sättigung desselben mit Feuchtigkeit. Es fragt sich dann, wie die Theilung zwischen 0 und 100 gemacht werden muss, ob eine gleichmässige Theilung theoretisch richtig oder doch practisch zulässig ist, oder ob man eine ungleiche Theilung und in welcher Weise man eine solche auszuführen hat, um nicht nur ein Hygroscop, sondern ein Hygrometer zu erhalten, auf welchem man die Luftfeuchtigkeit in Procenten der bei der betreffenden Temperatur möglichen Maximalfeuchtigkeit unmittelbar ablesen

kann, also ein Procent-Hygrometer. Man wird vorläufig folgende Annahmen machen dürfen:

1) Die Formänderung des Hygrometerfadens ist in den Grenzen der gewöhnlichen Temperaturveränderungen von der Temperatur nur in soweit abhängig, als diese auf die Feuchtigkeitscapacität der Luft Einfluss hat.

2) Die von dem hygroscopischen Faden aufgenommene, beziehungsweise festgehaltene Wassermenge ist proportional der relativen Feuchtigkeit der Luft.

3) Die Veränderungen der Dimensionen der hygroscopischen Fadenschichte sind den Veränderungen des Wassergehaltes derselben proportional.

Ist nun mit Rücksicht auf die Gleichungen (2) und (3) bei einer relativen Feuchtigkeit von

100	Procent	$L - l = 0$ und $d = D$
90	„	$L - l = \frac{m}{n} L$ und $d = D\frac{n-m}{n}$
80	„	$L - l = \frac{2m}{n} L$ und $d = D\frac{n-2m}{n}$
70	„	$L - l = \frac{3m}{n} L$ und $d = D\frac{n-3m}{n}$
60	„	$L - l = \frac{4m}{n} L$ und $d = D\frac{n-4m}{n}$
50	„	$L - l = \frac{5m}{n} L$ und $d = D\frac{n-5m}{n}$
40	„	$L - l = \frac{6m}{n} L$ und $d = D\frac{n-6m}{n}$
30	„	$L - l = \frac{7m}{n} L$ und $d = D\frac{n-7m}{n}$
20	„	$L - l = \frac{8m}{n} L$ und $d = D\frac{n-8m}{n}$
10	„	$L - l = \frac{9m}{n} L$ und $d = D\frac{n-9m}{n}$
0	„	$L - l = \frac{10m}{n} L$ und $d = D\frac{n-10m}{n}$

und substituirt man diese Werthe der Reihe nach in die allgemeine Gleichung (1) nämlich in $R = \frac{Ld}{L-l}$,

so erhält man als Radien für die Fadencurven

bei	100	Procent	$R_{100} = \infty$
„	90	„	$R_{90} = D\frac{n-m}{m}$
„	80	„	$R_{80} = D\frac{n-2m}{2m}$
„	70	„	$R_{70} = D\frac{n-3m}{3m}$
„	60	„	$R_{60} = D\frac{n-4m}{4m}$
„	50	„	$R_{50} = D\frac{n-5m}{5m}$

bei	40	Procent	R_{40}	$=$	$D\frac{n-6m}{6m}$
„	30	„	R_{30}	$=$	$D\frac{n-7m}{7m}$
„	20	„	R_{20}	$=$	$D\frac{n-8m}{8m}$
„	10	„	R_{10}	$=$	$D\frac{n-9m}{9m}$
„	0	„	R_0	$=$	$D\frac{n-10m}{10m}$

Es nehmen also wegen der veränderlichen Fadendicke die Radien nicht genau in der Weise ab, wie es in obiger Tabelle für gleiche Winkelzunahmen der Fall war, nämlich nicht einfach nach den Gliedern der Reihe

$$1,\ {}^1/_2,\ {}^1/_3,\ {}^1/_4,$$

es geschieht aber mit um so grösserer Annäherung, je kleiner m gegen n ist.

Wenn man also Fäden findet oder herzustellen im Stande ist, bei welchen m und auch noch $10m$ gegen n vernachlässigt werden kann, so darf die Eintheilung der Winkelscala eine gleichmässige sein.

Beispiel. In vollkommen feuchter Luft sei der Faden gerade und die Dicke der hygroscopischen Schichte $D = 0{,}1^{mm}$

Das Schwinden betrage bei vollkommener Austrocknung $\frac{1}{100} = \frac{10}{1000}$ einer jeden Dimension der hygroscopischen Fadenschichte. Dann ist in die allgemeine Gleichung

$$R = \frac{D\,(n - m)}{m}$$

einzusetzen:

$$n = 100 \text{ und } m = 0 \text{ bis } 1.$$

oder

$$n = 1000 \text{ und } m = 0 \text{ bis } 10$$

und es ergeben sich die Radien:

bei	100	90	80	70	60	50	40%
(R =)	∞	99,900	49,900	33,233	24,900	19,900	16,567^{mm}

bei	30	20	10	0%
(R =)	14,185	12,400	11,011	9,900^{mm}

Die Winkel der Eintheilung, immer vom ersten Schenkel an gerechnet, verhalten sich (wie auch die Zahlen obiger Tabelle zeigen) wie die reciproken Werthe der Radien, also wie

$$(\varphi =)\ \frac{1}{\infty} : \frac{1}{99900} : \frac{1}{49900} : \frac{1}{33233} : \frac{1}{24900} : \frac{1}{19900} : \frac{1}{16567} :$$

$$(\varphi =)\ : \frac{1}{14185} : \frac{1}{12400} : \frac{1}{11011} : \frac{1}{9900}$$

oder fast genau wie

(φ =) 0:1001:2004:3009:4016:5025:6036:7049:8064:9081:10101

Die Partialwinkel wachsen also nach den Differenzen:

1001 1003 1005 1007 1009 1011 1013 1015 1017 1020

Die Partialwinkel sind demnach nicht gleich, sondern werden von 100 Procent gegen 0 hin immer etwas grösser, so dass der kleinste Winkel zwischen 100 und 90 Procent sich zu dem grössten zwischen 10 und 0 Procent verhält wie 1001 : 1020.

Bei der Theilung der ganzen Winkelsumme von 10101 Theilen in 10 gleiche Theile wären die Verhältnisszahlen für die Zunahme des Winkels φ nach obiger Reihenfolge

(φ =) 0 : 1010,1 : 2020,2 : 3030,3 : 4040,4 : 5050,5 : 6060,6 : 7070,7 : : 8080,8 : 9090,9 : 10101

Die Differenz zweier auf einander folgenden Glieder ist hier immer 1010,1.

Der grösste Fehler würde bei 50 Procent vorkommen und 25,5 von den 10101 gedachten Theilen der ganzen Scala betragen, oder 0,25 auf 100, oder 1/4 Procent.

Da Ungenauigkeiten von 1/4 Procent unvermeidlich und bei der practischen Anwendung des Hygrometers bedeutungslos sind, so dürfte unter obigen Voraussetzungen die Winkeltheilung eine gleichmässige sein.

Zu jenen Voraussetzungen gehört auch namentlich die, dass der hygroscopische Faden gleichmässig nach allen Dimensionen schwinde. Es ist aber möglich und sogar wahrscheinlich, dass bei manchen Hygrometerfäden der Schwindcoëfficient für die Dicke grösser ist als für die Länge, so dass die Winkelgrössen von 100 gegen 0 hin bedeutender zunehmen müssten, als es sich im vorstehenden Beispiele bei Voraussetzung gleicher Schwindcoëfficienten gezeigt hat.

Ebenso ist aber auch der umgekehrte Fall möglich.

Ferner ist der Widerstand der nicht hygroscopischen Rückenschichte noch nicht berücksichtigt, welcher, wenn die Rückenschichte aus mehreren Fasern, nicht aus einem äusserst dünnen Häutchen besteht, nach den Gesetzen der Biegung balkenförmiger Körper zu beurtheilen sein wird. Danach wird man im Allgemeinen anzunehmen haben, dass bei zunehmender Biegung der Widerstand der Rückenschichte wächst und dass er der fortschreitenden Biegung selbst proportional ist, so dass die Winkel, welche das freie Fadenende durchläuft, von 100 gegen 0 für gleichmässige Abnahme der Feuchtigkeit

proportional kleiner werden. Ein bestimmtes Verhältniss dieser Winkelabnahme lässt sich nicht angeben, weil die Dicke der Rückenschichte bei verschiedenen Fäden sehr ungleich sein, aber nicht genau genug gemessen werden kann. Bei manchen Fäden wird sich der Widerstand der Rückenschichte gegen den Einfluss eines grösseren Schwindcoëfficienten für die Dicke ausgleichen, bei anderen nicht. Es müssen, wie vielfache vergleichende Beobachtungen gezeigt haben, die Theilungswinkel für je 10 Procent bei manchen Procent-Hygrometern auf der ganzen Scala gleich seyn, bei anderen von 100 gegen 0 hin abnehmen, bei wieder anderen in dieser Richtung zunehmen; das richtige Theilungsverhältniss muss eben für jedes einzelne Procent-Hygrometer durch viele sorgfältige Beobachtungen ermittelt werden.

Die obigen theoretischen Schlüsse sind auch dann noch zulässig, wenn beide Schichten, aber in verschiedenem Grade, hygroscopisch sind; ebenso wenn der Faden in vollkommen feuchtem Zustande nicht gerade, sondern etwas nach der einen oder anderen Richtung gekrümmt ist.

Material des Hygrometerfadens.

Vielfache Versuche, hygroscopische Fäden, bei welchen die wesentlichen der in vorstehender Theorie vorausgesetzten Eigenschaften vorhanden sind, künstlich durch Zusammenkleben verschiedener hygroscopischen Streifen herzustellen, haben — namentlich in Bezug auf Dauerhaftigkeit — kein befriedigendes Resultat geliefert; immerhin dürfte es möglich seyn, auf diesem Wege das Ziel zu erreichen. Wegen grösserer Unveränderlichkeit der gegenseitigen Lage beider Schichten werden solche Fäden vorzuziehen seyn, bei welchen beide Schichten natürlich mit einander verwachsen sind. Es liegt nahe, hiebei an Pflanzenfäden zu denken, und man kennt ja auch längst verschiedene Pflanzenfasern, welche durch ihre Formänderung die Zunahme und Abnahme der Luftfeuchtigkeit anzeigen. Man hat die damit hergestellten Instrumentchen nicht Hygrometer, sondern Hygroscope genannt, weil sie entweder keine genügende, oder keine auf die Dauer constante Empfindlichkeit haben, oder auch, weil es nicht möglich schien, eine durch wissenschaftliche Grundlage gerechtfertigte Hygrometerscala dafür zu finden.

Der Hygrometerfaden, dessen sich der Verfasser bedient, ist ebenfalls ein Pflanzenfaden, welcher auf mechanischem und chemischem

Wege so präparirt werden kann, dass damit Instrumentchen herzustellen sind, welche die Bezeichnung Hygrometer verdienen, und zwar Procent-Hygrometer wenn die Scala so angefertigt ist, dass man die Feuchtigkeit der Luft in Procenten der Sättigungsmenge ablesen kann.

Eine grosse Anzahl solcher Procent-Hygrometer hat der Verfasser nun länger als 5 Jahre geprüft, unter sich und mit anderen Hygrometern, Psychrometern und Hygroscopen verglichen und kann in Folge dessen als Vorzüge seines Procent-Hygrometers hervorheben: Dieses Procent-Hygrometer ist verhältnissmässig einfach, klein und billig, leicht transportirbar, von grosser und dauernder Empfindlichkeit bei allen Feuchtigkeits- resp. Trockenheitszuständen und bei allen Temperaturen von der grössten Kälte bis zur Siedhitze des Wassers; es verlangt für den Gebrauch keine wissenschaftlichen Kenntnisse, keine Berechnung, folglich keine Mühe und fast gar keinen Zeitaufwand, lässt die relative Feuchtigkeit unmittelbar durch einen Blick erkennen und kann desshalb von Jedermann ebenso leicht benützt werden wie ein gewöhnliches Thermometer.

Es sollte, wie dieses, in keinem Hause fehlen; denn die Hygrometerbeobachtungen sind nicht weniger interessant und wichtig als die Thermometerbeobachtungen.

Ueber die aus dem Watt'schen Systeme abgeleiteten isochronen Regulatoren.

Von

Yvon Villarceau.

(Comptes rendes, Juni 1872.)

Lange Zeit hindurch wurde der Regulator von Watt blos an den Dampfmaschinen angewendet, trotz des Missstandes, dass er nicht mehr gut functionirt, wenn die Arbeit der Arbeitsmaschinen merkliche Veränderungen erfährt (Einstellen oder Auslösen eines oder mehrerer Maschinentheile etc.).

In der Absicht, diesen Missstand zu beseitigen, hatte Charbonnier, ein Ingenieur von Mühlhausen, vor etwa dreissig Jahren den Einfall, den Watt'schen Apparat durch Anbringen von Gegengewichten zu completiren; seitdem haben verschiedene Ingenieure, worunter Farcot, Gand und Rolland zu nennen sind, verschiedene Modificationen dieses Apparates in Vorschlag gebracht. Andererseits hat sich Foucault, um sich der vollkommenen Regelmässigkeit der Rotationsbewegung der grossen astronomischen Instrumente, welche zur Beobachtung der Sterne ausserhalb des Meridianes dienen, zu versichern, gleichfalls mit dem Probleme beschäftigt, und Jedermann hat die Apparate, welche Eichens nach seinen Ideen construirte, auf der Ausstellung im Jahre 1867 bewundern können. Foucault hat auch die Benennung „isochrone Regulatoren“ eingeführt, womit man also die Regulatoren bezeichnet, welche in dem Mechanismus eine constante Geschwindigkeit zu erhalten im Stande sind, wenn auch sehr beträchtliche Veränderungen in der bewegenden Kraft oder in den Widerständen vorkommen.

Die erste mathematische Theorie der isochronen Regulatoren rührt von Rolland her. Als ich die Abhandlung dieses geschickten

Ingenieurs studirte, konnte ich mir eine klare Vorstellung über eine Frage machen, die zu wiederholten Malen in den Sitzungen der Gesellschaft der Civilingenieure und des Längenbureaus angeregt wurde; anderweitige Arbeiten gestatteten mir damals nicht, mich näher damit zu beschäftigen.

Die isochronen Regulatoren sind charakterisirt durch die Bedingung, dass sie sich im Gleichgewichte halten, welches auch die Winkellage der oscillirenden Stangen oder die Oeffnung des Vertheilungsventiles für den Dampf sein mag, falls es sich um Dampfmaschinen handelt, wenn nur die Rotationsgeschwindigkeit gleich der richtigen Geschwindigkeit ist; in Folge dessen oscilliren sie so lange, als die wirkliche Geschwindigkeit um eine gegebene Grösse von der richtigen Geschwindigkeit abweicht. Die Oscillationen haben zur Folge, dass die Mündung des Vertheilungsventiles des Dampfes so lange variirt wird, bis die Abweichung der Geschwindigkeit schliesslich beseitigt ist.

Handelt es sich um Regulatoren, die den Zweck haben, eine gleichförmige Bewegung festzuhalten, wobei man von der Oeconomie der bewegenden Kraft absieht, so werden die Apparate mit Flügeln versehen, die mit oscillirenden Stangen verbunden sind; die veränderliche Abwickelung dieser Flügel bestimmt eine entsprechende Veränderung des Luftwiderstandes, welche stets die Abweichungen der wahren Geschwindigkeit von der richtigen Geschwindigkeit zu beseitigen strebt.

Die isochronen Regulatoren zerfallen also in zwei gesonderte Classen; zur ersten Classe gehören diejenigen, bei welchen die bewegende Arbeit verändert wird, zur zweiten Classe diejenigen, bei welchen die Widerstandsarbeit eine Aenderung erfährt.

Rolland hat sich ausschliesslich mit den isochronen Regulatoren der ersten Classe beschäftigt, wovon er zahlreiche Typen hergestellt hat. Gaud hat sich mit dem Studium eines einzigen Modells begnügt. Ihre Einrichtungen haben das mit einander gemein, dass sie aus einem oder mehreren Systemen von gekoppelten Kugeln bestehen. Die von diesen Ingenieuren erhaltenen Lösungen sind besondere Fälle des Problems des Isochronismus, welche sich nicht auf die Apparate der zweiten Classe übertragen lassen. Die Flügel sind nothwendige Beigaben, deren Massen weder vernachlässigt, noch von dem Gesichtspuncte der Wirkung der Kräfte aus mit den Systemen der gekoppelten Kugeln verglichen werden dürfen. Es war also nöthig, eine allge-

meine Theorie herzustellen, die sich unter gewissen Bedingungen auf oscillirende Massen von beliebiger Gestalt anwenden lässt; ich habe dies in der That zu Stande gebracht.

Im Jahre 1868 habe ich eine Abhandlung verfasst, welche die Auseinandersetzung dieser Theorie enthielt; allein das Misstrauen, womit die Practiker zu allgemein die Ableitungen der Theorie aufnehmen, hat mich bestimmt, mit der Veröffentlichung auf den Augenblick zu warten, wo ich einen Apparat vorlegen konnte, der nach den Regeln einer exacten Theorie hergestellt ist. Ich bin jetzt so glücklich, dies thun zu können. Mit der Hilfe Breguet's, dessen Hingebung für die Interessen der Wissenschaft allgemein bekannt ist, wurde ein erstes Modell eines Regulators mit Flügeln in dessen Ateliers in dem Augenblicke ausgeführt, wo der Krieg erklärt worden war; das erhaltene Resultat war schon sehr befriedigend, und übertraf weit die Erwartungen des Künstlers. Dieser konnte jedoch erst in der letzten Zeit den Apparat vollenden.

Bevor ich die auf dieses Instrument bezüglichen Details anführe[1], muss ich die Bedingungen des Isochronismus auseinandersetzen, welche die allgemeine Theorie an die Hand gibt.

Gemeinsame Anordnungen für beide Arten von Regulatoren. — Die dem ursprünglichen Watt'schen Apparate entlehnten Theile sind die folgenden: Die verticale Mittelaxe, zwei Scheiben, deren eine an dieser Axe befestigt ist, während die andere an der Axe entlang mittelst einer Hülse beweglich eingerichtet ist, sowie zwei oder eine grössere Anzahl von untereinander und mit den Scheiben durch Gelenke verbundene Stangen. Diese Stangen, die gleiche Länge besitzen, bilden gleichschenkelige Dreiecke mit der Geraden, welche die Gelenke an den Platten verbindet. Um die Vorstellung zu fixiren, nehme ich an, dass die obere Platte die bewegliche sei; ich werde obere Stangen diejenigen nennen, welche mit dieser Platte durch Gelenke verbunden sind; die anderen werden die unteren Stangen heissen. Der neue Regulator unterscheidet sich von dem Watt'schen durch die Figur und Lage der oscillirenden Hauptmassen; während sie beim Watt'schen Apparate Kugeln sind, deren Mittelpuncte in der Verlängerung der oberen Stangen liegen, sind sie beim neuen Apparate Massen, deren Figur a priori nicht bestimmt ist, deren Schwerpunct in

1) Siehe die unten folgende Mittheilung.



einem mit den unteren Stangen geometrisch verbundennn Puncte liegt; die Richtungen ihrer Haupt-Trägheitsaxen, sowie die Trägheitsmomente sind Bedingungen unterworfen, die im Folgenden angegeben werden.

Zur grösseren Einfachheit werde ich annehmen, dass die Schwerpuncte der Stangen in ihren geometrischen Axen liegen und dass die Massen dieser Stangen, sowie die Hauptmasse symmetrisch gegen eine und dieselbe Ebene vertheilt sind, die durch die verticale Mittelaxe geht und die ich die Symmetrieebene nennen werde. Die Verbindung zweier oscillirender Stangen und einer Hauptmasse wird ein partielles System bilden und der Regulator wird aus n gleichen Systemen bestehen, die der Bedingung unterworfen sind, dass ihre Symmetrieebenen um gleiche Winkel rings um die verticale Hauptaxe von einander abstehen. (Bei dem Watt'schen Apparate ist die Zahl gleich 2, sie ist gleich 3 bei dem von Breguet construirten Apparate.) Man sieht, dass die von uns adoptirte Anordnung eine einfache Generalisation des Watt'schen Regulators ist; ohne eine solche Generalisation wäre es unmöglich, den Bedingungen des Isochronismus und der eine gegebene richtige Geschwindigkeit Ω zu erhalten, Genüge zu leisten.

Bedingungen in Bezug auf die isochronen Regulatoren, die beiden Classen gemeinsam sind. — Die strenge Anwendung der Principien der Mechanik führt auf Regeln, die sich folgendermaassen formuliren lassen:

1) Bei einem partiellen Systeme trennen wir in Gedanken die Hauptmasse und die beiden oscillirenden Stangen; wir versetzen die obere Stange um das diesen Stangen gemeinsame Gelenk in Drehung, und denken uns, wiewohl dies physisch nicht möglich ist, dass die beiden anderen Enden der Stangen zur Coincidenz gebracht seien. Auf solche Weise erhalten wir ein unveränderliches System, in welchem jede in der Symmetrie-Ebene durch den Coincidenzpunct gezogene Gerade eine Haupt-Trägheitsmasse in Bezug auf diesen Punct sein muss.

2) Es sei φ ein spitzer Winkel, bestimmt durch die Relation

$$\tang \varphi = \frac{\Omega^2 \varrho}{g} \tag{1}$$

wo ϱ die gemeinsame Distanz der Gelenkpuncte der Stangen an den Platten von der Mittelaxe und g die Acceleration durch die Schwere bezeichnet. Trennen wir noch die beiden Stangen und die Hauptmasse und legen wir die Stangen so, dass die Richtungen ihrer geometrischen Axen mit der Geraden, welche ihre freien Enden verbindet,

Winkel einschliesst, die gleich dem Winkel φ sind, treffen wir ferner die Einrichtung der Art, dass das gemeinsame Gelenke der Stangen in einer Distanz von der Mittelaxe liege, die grösser als ϱ sei, denken wir uns, dieses letztere Gelenk sei unveränderlich gemacht, bringen wir endlich an dem freien Ende der oberen Stange eine Masse an, deren Gewicht gleich dem Bruche $\frac{1}{n}$ von dem Gewichte P der beweglichen Platte sammt der Führung sei; so muss das so gebildete unveränderliche System der statischen Gleichgewichtsbedingung* rings um eine horizontale Axe Genüge leisten, die durch den Gelenkpunct der unteren Stange an der festen Platte geht, welche Lage man immer diesem System geben mag.

Einrichtung, um die richtige Geschwindigkeit Ω nach Bedürfniss zu ändern. — Wir begnügen uns hier, die Möglichkeiten anzugeben, dass man dieses Resultat erhält, wenn man zwei kleine Hilfsmassen mit den oberen Stangen verbindet, was zum Zweck hat, in Bezug auf das Ganze der beiden Stangen die erste für ein partielles System vorgeschriebene Bedingung zu realisiren. Sind die Stangen so eingerichtet, so reicht es, um die richtige Geschwindigkeit zu ändern, hin, den Winkel der Hauptmasse gegen die untere Stange zu ändern und dadurch das Gewicht der oberen Platte zu modificiren.

Eigenschaften ähnlicher isochroner Regulatoren.

1) Sind zwei Regulatoren der Art zusammengesetzt, dass die homologen Theile von n partiellen Systemen, aus denen sie bestehen, die gleiche Dichte besitzen, sind ausserdem die homologen Dimensionen proportional, so zeigen diese Regulatoren eine partielle Aehnlichkeit.

Bei den Systemen, die eine partielle Aehnlichkeit zeigen, ist der Winkel φ der nämliche, und es folgt aus der Gleichung (1), dass, wenn man mit Ω' und ϱ' die zu Ω und ϱ homologen Grössen bezeichnet, man die Relation

$$\Omega'^2\varrho' = \Omega^2\varrho \tag{2}$$

haben wird. Sind einerseits ein partielles isochrones System und die entsprechenden Werthe von Ω und ϱ, andererseits ein zweites, dem ersten ähnliches partielles System gegeben, so kann man für das zweite sowohl die Dimension ϱ', die einer Geschwindigkeit Ω' entspricht, als auch die Geschwindigkeit Ω' für ein bestimmtes ϱ' finden.

2) Die Aehnlichkeit zwischen zwei Regulatoren wird complet, wenn, während die Anzahl der partiellen Systeme die gleiche bleibt, die Dimensionen ϱ und ϱ' in dem gleichen Aehnlichkeitsverhältnisse stehen, das zwischen den linearen homologen Dimensionen der partiellen Systeme statthat. Das Verhältniss $\frac{\varrho}{\varrho'}$ ist dann nicht mehr willkürlich und man hat die Relation

$$\Omega' = \Omega \sqrt{\frac{\varrho}{\varrho'}} \tag{3}$$

oder umgekehrt

$$\frac{\varrho'}{\varrho} = \left(\frac{\Omega}{\Omega'}\right)^2 \tag{4}$$

woraus folgt, dass, wenn man einen einem gegebenen Regulator ähnlichen isochronen Regulator construiren will, der aber mit einer anderen Geschwindigkeit functioniren soll, man das Aehnlichkeitsverhältniss erhält, wenn man das umgekehrte Verhältniss der Geschwindigkeiten ins Quadrat erhebt; die linearen Dimensionen des neuen Regulators ergeben sich aus denen des gegebenen durch eine einfache Aenderung des Maassstabes.

Isochrone Regulatoren der ersten Classe.

Diese Regulatoren müssen ausser den oben angeführten Bedingungen noch einer besonderen Bedingung Genüge leisten.

Es seien W_1 und W_2 die obere und untere Grenze der Rotationsgeschwindigkeit, innerhalb welcher für ein gutes Functioniren der Arbeitsmaschinen die wahre Geschwindigkeit erhalten bleiben muss; so werden wir setzen

$$\varDelta = \frac{1}{2}\,\frac{W_1 - W_2}{\Omega} \tag{5}$$

wo $\varDelta$ das bedeutet, was man als die proportionale Abweichung der Geschwindigkeit bezeichnet.

Es seien

α der Winkel der Stangen mit der Verticalen, gemessen in dem gleichen Sinne wie der Winkel φ. N die constante oder variable verticale Kraftäusserung, welche die Gabel der aufsteigenden oder absteigenden Bewegung der Führung entgegensetzt.

Man wird dann die aufeinanderfolgenden Werthe, welche die Grösse

$$\frac{N}{2\Delta \sin\varphi} \cdot \frac{\sin\alpha}{\cos(\alpha-\varphi)} \tag{6}$$

annimmt, wenn der Winkel α zwischen seinen äussersten Grenzen schwankt, berechnen können; wir wollen das Maximum dieser verschiedenen Werthe mit P_0 bezeichnen.

Es seien ferner

P' das Gewicht einer der oberen Stangen mit Einschluss aller damit verbundenen Stücke (Axen, Schrauben etc.);

L' der Abstand des Schwerpunctes dieser Stange von ihrem Gelenkpuncte mit der oberen Platte, gemessen in Bezug auf das andere Gelenk;

l die gemeinsame Länge der Stangen, oder der Abstand zwischen ihren Gelenkpuncten;

P_1 das Gewicht der beweglichen Platte sammt ihrer Führung.

Die verschiedenen Grössen müssen der Relation

$$P_1 + nP' = P_0 + nP' \cdot \frac{L'}{l} \tag{7}$$

Genüge leisten, welche sich folgendermaassen mit Worten ausdrücken lässt:

Das Gesammtgewicht der Führung und der oberen Stangen muss gleich sein der Grösse P_0, vermehrt um den Bruchtheil $\frac{L'}{l}$ von dem Gewichte der verbundenen oberen Stangen.

Ein nach den angeführten Bedingungen construirter Regulator wird keine proportionalen Abweichungen der Geschwindigkeit übrig lassen dürfen, die den Werth von Δ merklich übersteigen, wie gross auch die Variation der Widerstandsarbeit zwischen den gegebenen Grenzen sein mag. (Hinzufügen oder Weglassen einer beliebigen Anzahl von Arbeitsmaschinen etc.) Man wird nur darauf zu achten haben, dass, da die periodischen Abweichungen von den Flügeln herrühren, die bei der Berechnung des Regulators angenommene Abweichung nicht geringer ist, als die bei der Berechnung des Flügels verwendete, da der Regulator weiter nichts zu leisten hat, als die mittlere Geschwindigkeit auf die richtige Geschwindigkeit zurückzuführen. In Bezug auf die zweckmässigsten Anordnungen der Regulatoren der ersten Classe verweise ich am besten auf die Abhandlung von **Rolland**: „Sur les variations du travail transmis par les machines etc."

Hauptmasse. — Man kann den angegebenen Bedingungen durch die verschiedensten Formen dieser Masse Genüge leisten. Die einfachsten Formen, die man anwenden kann, sind die eines Parallelepipeds oder eines Cylinders, deren grösste Dimensionen in den Symmetrie-Ebenen gelegen sind. Sind die Massen der Stangen auf die oben angeführte Art mittelst Hilfsmassen äquilibrirt, so steht die Gerade, welche den Gelenkpunct der unteren Stange und der fixen Platte mit dem Schwerpunct des Parallelepipeds oder des Cylinders verbindet, senkrecht auf ihrer grössten Dimension; im entgegengesetzten Falle entfernt sich diese Gerade etwas weniges von der gleichen Senkrechten.

Isochrone Regulatoren der zweiten Classe.

Da diese Apparate blos die möglichst gleichförmige Bewegung zu erhalten haben, so kommt die proportionale Abweichung Δ gar nicht unter den gegebenen Grössen vor; man hat sich also mit der Bedingung (7) gar nicht zu befassen und die Hülse hat keine Hohlkehle nöthig, da keine Gabel in Bewegung zu setzen ist.

Die Genauigkeit, womit der Apparat unter den Bedingungen wird functioniren können, wo das bewegende Gewicht im Verhältniss von 1 zu 6 oder darüber veränderlich ist, hängt wesentlich von der Sorgfalt ab, womit der Constructeur die Angaben der Theorie erfüllen, sowie die Reibung in den Axen und der Hülse vermindern kann.

Trotz der grössten Vorsichtsmaassregeln wird es vorkommen, dass die Dichte der verwendeten Metalle nicht genau gleich derjenigen ist, welche bei der Rechnung zu Grunde gelegt wurde: es wird ferner vorkommen, dass die vom Constructeur hergestellten Dimensionen nicht ganz genau denjenigen gleich sind, welche ihm angegeben worden sind. Daraus folgt aber eine Störung des Isochronismus und es können sogar ziemlich beträchtliche Abweichungen der wirklichen Geschwindigkeit von der richtigen Geschwindigkeit vorkommen. Um diese Missstände zu beseitigen, muss man Regulirungsvorrichtungen in Anwendung bringen. Es lassen sich aber die verschiedenen zu erfüllenden Bedingungen hier durch vier Gleichungen ausdrücken: man muss also Hilfsmittel anbringen, welche vier getrennte Veränderungen im Zustande eines jeden partiellen Systemes erzeugen lassen. Diese vier Veränderungen werden erhalten 1) mittelst einer einfachen Veränderung der Masse der Hülse (durch Hinzufügen oder Wegnehmen von concentrischen Scheiben), 2) dadurch, dass man drei Massen, die an den

Stangen entlang beweglich sind und einen Theil der Hauptmasse bilden, verstellt — wir wollen sie die Regulirungsmassen nennen.

Diese vier Bedingungen werden durch eine Theorie gefordert, welche den Winkelverstellungen der Stangen keine Grenze setzt; da aber in Wirklichheit die Amplitude dieser Verstellungen $\frac{1}{6}$ oder $\frac{1}{7}$ der Peripherie nicht überschreitet, so wird man, wenn die Ausführung des Apparates keine zu uncorrecte ist, mit drei oder selbst zwei der vier durch die Theorie geforderten Veränderungen ausreichen. Man wird also nicht nöthig haben, das Gewicht der Hülse zu modificiren, sondern nur die Lage der Regulirungsmassen zu verändern haben.

Diese Auseinandersetzungen werden die für die Hauptmasse angenommene Disposition verständlich machen, die im Folgenden besteht. Ein rechtwinkeliges Parallelepiped ist mit der unteren Stange mittelst einer Hülse verbunden; an der entgegengesetzten Seite am Gelenke ist mittelst einer zweiten Hülse ein Flügel mit dem Parallelepiped verbunden. Die Regulirungsmassen sind Cylinder, durch welche die Stangen hindurchgehen: zwei dieser Stangen sind in die Oberfläche des Parallelepipeds, welche nach dem Flügel hin geht, in gleichen Distanzen von den Enden des Parallelepipeds eingelassen. Die Dimensionen der Stangen sind gleich und ebenso die der zugehörigen Regulirungsmassen; die Axe der dritten Stange coincidirt mit der grossen Axe des Parallelepipeds. Die Massen der Stange und des daran befindlichen beweglichen Cylinders sind so berechnet, dass die Axe der Figur des Flügels zugleich durch den Schwerpunct des Parallelepipeds und den Gelenkpunct der unteren Stange geht.

Der Flügel hat die Form eines Trapezoids. Construirt man ihn aus Aluminium, so kann man den Bedingungen des Isochronismus leichter genügen. Die Stangen sind von Stahl und die übrigen Theile, aus denen die Hauptmasse besteht, von Aluminiumbronce.

Regulirung des Apparats. — Ist der Regulator mit einem Uhrwerke in Verbindung gesetzt, so beobachtet man die Geschwindigkeit W, die er unter dem Einflusse des bewegenden Gewichtes erlangt, und den Winkel α der Stangen mit der Verticalen (wir wollen hier nicht die übrigens sehr einfache Vorrichtung beschreiben, welche zur Beobachtung dieses Winkels dient). Man verändert das bewegende Gewicht und beobachtet die neuen Werthe der Grössen W und α. Stellt man so vier gesonderte Reihen der Werthe von W und α her,

so hat man die experimentalen Daten, die nöthig sind, um die drei Verstellungen der Regulirungsmassen, und wenn nöthig, die Veränderung des Gewichtes der Hülse zu berechnen.

Da die Regulirung in Uebereinstimmung mit den Vorschriften der Theorie ausgeführt wird, so wird man, wenn man eine neue Bestimmung der Geschwindigkeit vornimmt, finden, dass, welches auch das bewegende Gewicht zwischen seinen äussersten Grenzen sein mag, die verschiedenen Geschwindigkeiten ungemein wenig von der richtigen Geschwindigkeit abweichen, die man erreichen wollte.

Ueber den von Breguet construirten isochronen Regulator mit Flügeln.

Mit dem Apparate, den ich die Ehre habe der Academie vorzulegen, wurden die ersten Versuche am 24. Mai 1870 angestellt. An diesem Tage wurde das bewegende Gewicht von 1 auf 5,6 verändert und die erhaltenen Geschwindigkeiten zeigten eine mittlere Abweichung von der mittleren Geschwindigkeit, welche nicht über $^{1}/_{355}$ stel dieser letzteren ging.

Einige Mängel in der Construction wurden verbessert und sodann die Regulirung vorgenommen; der mittlere Fehler in der Geschwindigkeit war, wie diese Operation zeigte, auf ein Tausendtel der richtigen Geschwindigkeit zurückgeführt worden. Man hielt es für unnöthig, die Approximation noch weiter zu treiben, da sie die Art und Weise der Ausführung des Apparates nicht verträgt. Um weiter zu gehen, müsste man besondere Werkzeugvorrichtungen herstellen und es ist jedenfalls klüger, zuvor die Resultate eines ersten Versuches abzuwarten.

Während der Regulirungsoperationen blieb die Lage der Flügel ganz constant unter dem Einflusse des verwendeten bewegenden Gewichtes, und die Vergleichung der aufeinanderfolgenden Resultate hat einen Einfluss der Verstellung der Flügel durch die Einwirkung eines veränderlichen bewegenden Gewichtes nicht erkennen lassen. Um darüber ein Urtheil zu haben, wurde der folgende Versuch angestellt. Da die äussersten Grenzen des Gewichtes 21 und 120 Kilogramm sind, so wurde das Gewicht von 120 Kilogrammen angewendet. Sodann wurde durch eine mit der Hand geführte Bremse das Gleiche erzielt, wie wenn das Gewicht von 21 Kilogramm angehängt wäre; man konnte dies aus der Lage der Flügel erkennen, deren Beziehung zur bewegenden Kraft bekannt war. Das Uhrwerk war mit einem Zeiger

zur Angabe der Zahl der Umdrehungen versehen. Setzte man die Rotationsgeschwindigkeit als constant voraus, so konnten die vom Zeiger angegebenen Umgänge in Zeitsecunden verwandelt werden und der Apparat war dann in ein Chronometer umgewandelt. Es handelte sich nur noch darum, die so erhaltenen Zeiten mit den entsprechenden Zeiten, welche an einem eigentlichen Chronometer erhalten wurden, zu vergleichen — die Abweichungen mussten das Maass für die Fehler des Regulators geben.

Der Versuch wurde unter diesen Umständen angestellt und man fand, dass trotz des Druckes der Bremse, der willkürlich zwischen der den äussersten Excursionen der Flügel entsprechenden Grenze erzeugt wurde, die mittlere Abweichung des Regulators gegen ein Chronometer, wie sie sich aus 51 während 30 Minuten angestellten Beobachtungen ergab, nicht über $\pm\, 0^s{,}2$ stieg; diese Zahl übersteigt den Fehler des Regulators, da sie von den Beobachtungsfehlern afficirt ist. Der Versuch wurde nicht weiter verfolgt, weil die Fallhöhe des bewegenden Gewichtes sich als unzureichend erwies.

Die Discussion der Beobachtungen zeigt, dass die Oscillationsbewegung der Flügel den Gang des Apparates nicht merklich stört; man kann also hoffen, dass eine besondere Constructionsart noch weit genauere Resultate zu erhalten gestatten würde.

Jedenfalls hat Breguet bei seinem ersten Versuche des Apparates eine sehr hohe Genauigkeit erreicht; der von Breguet construirte Apparat scheint hinter dem vollkommensten der gegenwärtig existirenden Regulatoren, dem Foucault'schen, für die Bewegung eines Aequatoreals, in keiner Weise zurückzustehen. An Registrirapparaten, Telegraphen etc. angebracht, wird er vortreffliche Dienste leisten.

Kleinere Mittheilungen.

Bifilarelectroscop für Vorlesungsversuche.

Von W. Beetz.

Um einer grossen Anzahl von Zuhörern auch solche Versuche zu zeigen, welche ein recht empfindliches Electroscop beanspruchen, empfehle ich ein höchst einfaches Bifilarelectroscop. Es besteht aus einer leichten Schellacknadel, welche mittelst zweier paralleler Seidenfäden an einem Drahtbügel aufgehängt ist, und an ihrem einen Ende eine Hollundermarkkugel trägt. Die Dimensionen können etwa folgende sein: Länge der Schellacknadel 15 Cm.; Abstand der beiden Fäden von einander 1 Ctm.; Länge derselben 50 Ctm.; Durchmesser der Hollundermarkkugel 1 Ctm. Die Kugel muss recht weiss sein, um weithin gesehen zu werden; stellt man einen schwarzen Hintergrund hinter das Electroscop, so ist die Kugel im grössten Hörsaale überall sichtbar. Der Drahtbügel wird an einem beliebigen Statif, z. B. an einem über dem Experimentirtisch befindlichen Gasarm aufgehängt. Als Beispiel für die Benützung des Electroscops führe ich zwei Versuche an.

1) Pyroelectricität. Ein Turmalinkrystall wird in eine Pincette gefasst und in der Flamme eines Bunsenbrenners erwärmt. Die Hollundermarkkugel wird mittelst einer geriebenen Siegellackstange negativ electrisch gemacht. Nun fasst man den Turmalin an seinem einen Ende mit der Pincette und nähert das andere der Kugel: dieselbe wird angezogen; man fasst den Krystall am anderen Ende: die Kugel wird abgestossen, und zwar treibt man sie nach Belieben durch den sich abkühlenden Krystall im Kreise herum.

2) Voltas Grundversuch. Man setzt eine kleine Condensatorplatte auf einen hölzernen Tisch und füllt dieselbe mit einer der beiden durch den Contact einer Zink- und einer Kupferplatte erregten

Electricitäten. Meine Condensatorplatte hat 7 Ctm. Durchmesser; die Zink- und Kupferplatte sind ebensogross, und wie die Condensatorplatte mit Glasgriffen versehen. Hat man die Berührung 6 bis 7 mal wiederholt, so ist der Condensator so stark geladen, dass man die, wiederum zuvor electrisch gemachte Hollundermarkkugel vor demselben hertreiben, oder an denselben heranziehen kann. Das Aufsetzen des Condensators auf Holz (am besten auf polirtes) ist desshalb so zweckmässig, weil man beim Abheben gar nicht so sehr Sorge zu tragen braucht, dass sich die beiden Flächen genau parallel verlassen. Das Holz leitet gut genug, um die condensirende Wirkung hervorzubringen, aber auch schlecht genug, um bei etwas schiefer Berührung den Condensator nicht gleich zu entladen.

Die so angestellten Versuche gehören zu den ganz groben Vorlesungsversuchen, während sie, mit den gebräuchlichen Electroscopen, selbst den besten, angestellt, oft recht penibel sind.

Ueber einen Objectivcentrirkopf.

Von F. Miller, Mechaniker in Innsbruck.

(Hiezu Tafel XVII, Fig. 11.)

Eine wesentliche Bedingung eines guten Fernrohres ist die richtige Centrirung des Objectives; hauptsächlich gilt das bei Fernröhren für geodätische Instrumente und besonders bei solchen, welche in ihren Lagern dreh- und umlegbar sind.

Die Fehler, welche durch Nichterfüllung obiger Bedingung entspringen, sind oft bedeutend, wenn auf kurze und weite Distanzen nach einander visirt wird, oder wenn das Fernrohr in seinen Lagern gedreht wird.

Im ersteren Falle gilt die Rectification des Fadenkreuzes nur für jene Distanz, für welche es berichtigt wurde, auf grössere oder geringere Entfernung müsste dasselbe jedesmal besonders adjustirt werden. Im zweiten Falle beschreibt der optische Mittelpunct des Objectives einen Kreis um die mechanische Axe des Fernrohres, was sich dadurch zu erkennen giebt, dass das Bild bei einer Drehung des Rohres eine kreisförmige Verschiebung erleidet.

In den meisten Werken, welche über geodätische Instrumente handeln, ist nur bemerkt, dass besagter Fehler nicht stattfinden soll,

oder, wenn er vorhanden, wie er in Rechnung gebracht wird. — Unter den Instrumenten, welche mir im Laufe der Zeit unter die Hände kamen, befanden sich nur sehr wenige, bei denen das Objectiv vollkommen centrirt war, gar manches Fernrohr war in dieser Richtung so mangelhaft, dass ein genaues Arbeiten mit dem betreffenden Instrumente jedenfalls sehr in Frage stand. Hierdurch aufmerksam geworden, construirte ich nachfolgenden Objectivkopf, welcher es Jedem möglich macht, sein Fernrohr selbst zu berichtigen.

Wie aus Fig. 11 Tafel XVII ersichtlich, ist dieselbe Einrichtung, wie sie bei der Berichtigung des Fadenkreuzes üblich, getroffen, die Schräubchen $\alpha\beta\gamma\delta$ haben ihr Gewinde in dem Objectivkopfe K, drücken gegen den Ring R und dienen zur Verschiebung des optischen Mittelpunctes in der Ebene, welche auf der mechanischen Axe des Rohres senkrecht steht.

Die Schrauben abc sind Druck-, def Zugschrauben, mit Hülfe derselben lässt sich die optische Axe des Objectives mit der mech. Axe zusammenfallend einstellen. Der Ring R, in welchen das Objectiv geschraubt ist, dient, um jeden schädlichen Druck auf das Glas zu vermeiden.

Die in meiner Werkstätte verfertigten Instrumente erhalten auf Verlangen diese Einrichtung, ebenso werden ältere Röhren umgeändert.

Ein neuer Heber.

Von Jos. Sedlaczek.

Poggendorff's Annalen 1873, Nr. 2.

(Hiezu Tafel XVII Fig. 10.)

Selbst bei dem sogenannten Giftheber ist eine gewisse Vorsicht erforderlich, will man nicht etwas von der schädlichen Flüssigkeit in den Mund bekommen.

Dagegen ist die Anwendung des neuen Hebers eben so sicher und bequem, als dessen Herstellung einfach und leicht. Ein etwa 2 Ctm. weites und 30—40 Ctm. langes, am unteren Ende bei k verengtes Glasrohr g trägt bei v einen Korkverschluss, durch den das Mundstück M und der Heber kk' luftdicht festgehalten werden. Der kürzere Schenkel h desselben ragt so tief in das Glasrohr g, um der Glaskugel k, die hiebei als Ventil wirkt, eben noch den nöthigen Spielraum zu gestatten; ihr Durchmesser beträgt ungefähr 10 Millim., der

des Hebers 5 Millim. Diese Glaskugeln bekommt man in allen Spielwaarenhandlungen.

Taucht man den in solcher Weise construirten Heber in das zu entleerende Gefäss, so werden sich g und h unter lebhaftem Spiel der Glaskugel bis zum Niveau NN füllen. Anstatt nun zu saugen, bläst man hier durch das Mundstück M hinein. In Folge des Druckes der comprimirten Luft schliesst sich die untere Oeffnung durch die Kugel k, die Flüssigkeit steigt in h und fliesst durch h' unter beständiger Ventilwirkung der Glaskugel fort.

Ist das zu entleerende Gefäss jedoch nicht voll oder die zu hebende Flüssigkeitssäule eine zu geringe, dann ist es nöthig, vor dem Hineinblasen in das Mundstück M daselbst ein wenig zu saugen, um in g ein grösseres Volumen Flüssigkeit zu bekommen; da es ja Bedingung ist, dass die Raumverhältnisse so beschaffen sind, dass sich hh' früher füllt, ehe die Flüssigkeitssäule in g bis zur Hebermündung bei k herabsinkt, wenn man durch M hineinbläst.

Ein auf die Relief-Empfindung gegründetes Photometer.

Von P. Yvon.

(Comptes rendus 1872. 4. Novbr.)

Es seien zwei ebene und weisse Flächen, die einen rechten Winkel miteinander bilden, so aufgestellt, dass die Kante ihres Durchschnittes vertical stehe. Man kann diese Anordnung in der Weise practisch herstellen, dass man z. B. ein Blatt Papier oder eine Karte in der Mitte abbiegt, die beiden Hälften einen rechten Winkel mit einander bilden lässt und nun auf einen Tisch stellt, so dass die Karte vertical steht. Wenn sich der Beobachter in einer bestimmten Distanz aufstellt, sein Auge in die Verlängerung der den Kartenwinkel halbirenden Ebene bringt und die Karte durch eine innen geschwärzte Röhre hindurch beobachtet, so erhält er den Eindruck eines Reliefs; werden aber beide Flächen genau gleich stark erleuchtet, so sieht er nur einen Kreis, der ihm vollkommen eben erscheint.

Will man die Intensitäten zweier Lichtquellen von gleicher Farbe mit einander vergleichen, so stellt man die eine Lichtquelle senkrecht gegen die eine Fläche, die andere Lichtquelle senkrecht gegen die zweite Fläche; es ist einleuchtend, dass so jede Lichtquelle blos eine

einzige der beiden Flächen erleuchtet. Ist der Beobachter in der angegebenen Stellung, so hat er nur nöthig, die Distanz der einen Lichtquelle gegen die von ihr beleuchtete Fläche, während die andere fix bleibt, so lange zu verändern, bis sein Auge den Eindruck eines vollkommen ebenen Kreises erhält. Man misst sodann den Abstand einer jeden Lichtquelle von der durch sie beleuchteten Fläche, und das Gesetz vom umgekehrten Verhältnisse der Quadrate der Distanzen gibt das Verhältniss der Intensitäten.

Die fragliche Vorrichtung kann auch mit zwei Flächen von beliebiger Beschaffenheit realisirt werden, z. B. durch ein rechtwinkliges Prisma von Porcellan oder einer beliebigen anderen Substanz.

Monatmittel der magnetischen Declination und Horizontal-Intensität für München in den Jahren 1871 und 1872.

(Aus der Beilage zu den monatlichen Sendungen der Münchener Sternwarte.)

	Declination.	Intensität.
1871		
Januar	13° 21′,79	2,0094
Februar	21′,02	2,0079
März	20′,97	2,0083
April	20′,43	2,0067
Mai	19′,05	2,0092
Juni	18′,45	2,0090
Juli	18′,14	2,0089
August	17′,74	2,0084
September	17′,12	2,0101
October	16′,60	2,0103
November	15′,68	2,0097
December	15′,87	2,0127
Jahr	13° 18′,57	2,0093
1872		
Januar	13° 14′,46	2,0121
Februar	13′,63	2,0116
März	13′,36	2,0117
April	12′,36	2,0120
Mai	11′,36	2,0118
Juni	13° 10′,35	2,0131

1872	Declination.	Intensität.
Juli	13° 10',70	2,0129
August	10',21	2,0112
September	9',72	2,0116
October	8',62	2,0110
November	8',67	2,0114
December	8',19	2,0134
Jahr	13° 10',97	2,0120

Verbesserung am Triebwerke der Aequatoreal-Instrumente und an einem Registrirapparate.

Von Nic. von Konkoly.

(Astronomische Nachrichten Nr. 1932.)

Herr Dr. Theodor Ritter von Oppolzer brachte mich auf den Gedanken, man könnte zu Triebwerken bei Aequatoreal-Instrumenten als Regulator das bekannte Syrenen-Rad mit einer Feder (die den Ton gibt) anwenden.

Ich habe diesen Versuch gemacht; habe mit Hülfe meines tüchtigen Maschinisten M. Horwáth, den ich für seinen Eifer beloben muss, ein solches in meinem Cabinete auch ausgeführt.

Trotzdem dass ich selbst einige Kenntnisse in der practischen Mechanik besitze, ist das Triebwerk doch aus der Hand eines Dilettanten. Es würde jedenfalls mehr leisten, wenn es aus der Werkstätte eines Mechanikers hervorgeht. Das Triebwerk befindet sich gegenwärtig auf meinem Steinheil (4″ Oeffnung) und geht gut genug, es bringt das Instrument nicht zum Zittern, folgt ziemlich der Bewegung der Gestirne, mit einem sehr constanten Fehler, den ich noch wegbringen werde.

Ausser dieser Verbesserung habe ich noch eine zweite an demselben angebracht, die gerade nicht neu, aber sehr vereinfacht ist. Es ist nämlich ein sehr grosser Nachtheil bei manchen Triebwerken, dass man den Schlüssel der Stundenaxe nicht in der Hand haben kann, wenn das Uhrwerk geht. Manche Mechaniker suchen dies durch ein Epicykel-Vorgelege mit 3 conischen Rädern wegzubringen, was auch bei aussergewöhnlich guter Arbeit seine Dienste leistet, jedoch etwas complicirt ist. Andere befestigen das Rad, welches durch die Schraube ohne Ende im Sinne der AR. bewegt wird, nicht auf der Stundenaxe,

sondern verbinden die Scheibe durch Klemmschrauben mit dem Stundenkreise. Aehnliches besitzt Seine Excellenz Herr Camphausen, dessen Klagen über die Unvollkommenheit dieser Einrichtung ich jedoch selbst gehört habe. Ich suchte diesem auf folgende einfache Weise abzuhelfen.

Ich habe das Rad, durch welches das Uhrwerk die Schraube ohne Ende treibt, auf die Schraube lose aufgesteckt und mit diesem Rade ein zweites etwas kleineres, mit sehr feinen Zähnen, fest verbunden. Dicht neben diesem Räderpaare ist auf der Schraube eine Scheibe befestigt, die etwas grösser ist, als die Räder. In dieser Scheibe befindet sich ein kleiner Trieb, der in das kleinere Rad mit seinen Zähnen eingreift. Auf der äusseren Seite der Scheibe endet der Trieb in einen Schlüssel, den man mit der Hand fassen kann. Wenn das Triebwerk im Gange ist, dient der Trieb als Mitnehmer, der die feste Scheibe und somit die Schraube treibt, will man aber das Fernrohr etwas im Sinne der AR. bewegen, so hat man nur an dem kleinen Schlüssel zu drehen, die Schraube, und somit die Stundenaxe, folgt alsogleich der willkürlichen Bewegung, ohne das Triebwerk zu stören.

Was den Chronographen anbelangt, so habe ich eine ganz einfache Aenderung daran angebracht, und es wundert mich, dass dieses nicht schon früher geschehen ist. Diesen Apparat habe ich in der mechanischen Werkstätte des wohlrenommirten K. K. Hofmechanikers W. Hauck in Wien ausführen lassen. Es ist ein mit einem „Rotatoire"-Pendel versehenes. Meine Modification besteht blos darin, dass ich ausser dem Hebel, der die Zeitpuncte macht, noch zwei Hebel, anstatt wie gewöhnlich nur Einen, habe anbringen lassen.

Mit diesem Apparat lassen sich besonders gut Sonnenflecke registriren, indem es öfter vorkommt, dass auf einmal zwei Flecke durch das Netz zugleich durchziehen. Wenn man zwei Tasten hat, kann man selbe, ohne im Registriren eine Confusion hervorzubringen, alle beide registriren. Der Hebel für die Zeitpuncte befindet sich in der Mitte, die Signalhebel rechts und links.

Mit diesem Apparat lässt sich sehr gut am Ringmicrometer beobachten, indem man bestimmt, dass der rechte Taster für den nördlichen, der linke für den südlichen Stern gilt. Wenn auch beide Sterne beinahe gleichzeitig in den Ring eintreten, kann man selbe sehr genau und sicher registriren.

O Gyalla, den 12. Februar 1873.

Der Melograph auf der Wiener Ausstellung.

Vorbemerkung der Redaction. Wir glauben im Interesse der Leser des Repertoriums zu handeln, wenn wir den in der Internationalen Ausstellungszeitung vom 22. Juni von Herrn Director Pisko unter dem Titel „Stenographirte Musik" veröffentlichten Bericht an diesem Orte unverändert mittheilen. *C.*

Wo ist Jemand, dem nicht ein Musiker seiner Bekanntschaft wenigstens Einmal geklagt hätte, seine schönsten Compositionen phantasire er auf dem Claviere für sich — wer die festhalten könnte!? Nun, diese Klagen, sie sollen aufhören. In der italienischen Abtheilung der Weltausstellung steht unter den physikalischen Apparaten eine etwas veraltete, äusserlich wenig herausfordernde Physharmonika, von welcher ein bescheidener Zettel besagt, sie sei im Stande, alle auf ihr gespielten Stücke selbstthätig niederzuschreiben. Eine Prüfung des Instrumentes, die unter den gegebenen Umständen nicht genau sein kann, zeigt wenigstens die Möglichkeit einer Lösung des interessanten Problems auf dem Weg, den der Erfinder an dem ausgestellten Apparat eingeschlagen hat.

Bevor wir uns an die Besprechung jenes notenschreibenden Harmoniums machen, wollen wir zusehen, welche Vorläufer in seinem Fache es aufzuweisen hat. Die Versuche, unsere Musik, ähnlich wie eine Rede, durch eine gekürzte Notenschrift festzuhalten, sind bisher nicht geglückt. Man hat daher nach mechanischen Hilfsmitteln gesucht, vermöge welcher jede niedergedrückte Taste eines Claviers, eines Harmoniums oder einer Orgel auf einem unterhalb der Tasten von einem Uhrwerk regelmässig nach vorwärts gezogenen Papiere oder, mit Hilfe von Zwischenhebeln, auf der Mantelfläche eines im Innern des Claviers regelmässig rotirenden Cylinders Spuren hinterliess, welche je nach ihrer Lage zur Uebersetzung in die gewöhnliche Notenschrift dienen sollten. Die Schwerfälligkeit und Unregelmässigkeit solcher Vorrichtungen schreckte jedoch bald von der weiteren Verfolgung dieses Verfahrens ab.

Der nunmehr fast allgemein bekannte Morse'sche Drucktelegraph (1844) belebte aufs neue das Streben nach einem Melographen; so heisst nämlich der von uns zu besprechende Apparat. Man dachte daran, jede der Tasten eines Claviers oder eines Harmoniums, in ähnlicher Weise wie den Schlüssel eines Drucktelegraphen, zur Herstellung eines galvanischen Stromes und eines von letzterem erzeugten

zeichengebenden Electromagneten zu benützen, aber, indem jeder Ton einen eigenen Electromagneten forderte, gestaltete sich die Sache fast ebenso plump und noch verdriesslicher, sowie auch theurer als früher; man hätte dabei nur das Eine gewonnen, die notenschreibende Vorrichtung vom Instrument, bis auf die stromleitenden Fäden, trennen zu können.

Der chemische Copir-Telegraph Caselli's (1855) weckte endlich nochmals den Gedanken an die Möglichkeit eines Melographen, und zwar desjenigen, den wir eben vor uns haben. Um dessen Wirksamkeit zu verstehen, fassen wir vor Allem den feuchten Papierstreifen ins Auge, welchen wir von einem Uhrwerk vorwärts ziehen sehen. Dieses Papier ist mit einer Lösung von gelbem Blutlaugensalz getränkt und zwischen die beiden Pole einer kleinen galvanischen Batterie gebracht worden, derart, dass der negative Pol das Papier von unten berührt, der positive Pol aber von oben; die letztere Polspitze ist von Stahl. Durch den elektrischen Strom wird das genannte Salz des Papieres zersetzt, und es entsteht durch einen einfachen chemischen Prozess unterhalb der Stahlspitze ein schwarzer Strich, der sogleich aufhört, wenn der durch das chemisch gewaschene Papier gehende elektrische Strom unterbrochen wird.

Denken wir uns nun jenes chemisch zubereitete feuchte Papier in regelmässiger Bewegung und jedesmal vom elektrischen Strom durchflossen, wenn man eine gewisse Taste des Harmoniums niederdrückt, so wird jedesmal jener schwarze Strich auf dem Papier entstehen und wird uns nicht nur sagen, dass die bestimmte Taste niedergedrückt worden ist, sondern sie wird auch die Dauer der Niederdrückung verrathen.

Wenn wir also jede der Tasten des Instrumentes zum Schlüssel einer galvanischen Batterie machen, so wird die zu jeder Taste eigens gehörige Stahlspitze auf dem mechanisch vorwärts bewegten Papier durch einen schwarzen Strich anzeigen können, welche der Tasten niedergedrückt worden ist. Demnach werden viele nebeneinander liegende Stahlspitzen auf dem Papiere ruhen müssen. In der That sehen wir auf dem breiten feuchten Papierbande einen Kamm, dessen Spitzen und zuleitenden Drähte von einander wohl isolirt sind und welche sich, mittelst einer Handhabe, innigst an das Papier legen lassen.

Das Papier wird durch ein Uhrwerk von einer grösseren Rolle abgewickelt; hiebei schmiegt sich die Schreibfläche an den Mantel

eines Messing-Cylinders, der mit dem negativen Pol der galvanischen Batterie verbunden ist, während die positiven Pole in dem früher erwähnten Kamm enden, dessen isolirte Stahlspitzen die Schreibfläche berühren, um die schwarzen Zeichen auf electro-chemischem Wege niederzuschreiben.

Damit der Musiker später wisse, zu welcher Taste jedes Zeichen gehöre, bemerken wir an der Markirvorrichtung noch zwei sich berührende Cylinder, zwischen deren Mänteln jener Papierstreifen durchläuft und wo das Papier durch zweckmässig angebrachte Stifte des einen Cylinders in orientirende Gürtel getheilt, wo also dasselbe, ähnlich dem Notenpapier, mittelst eingedrückter Punkte linirt wird. Sowie nun der Telegraphist die für ihn geschaffenen Zeichen in die gewöhnliche Sprache zu übertragen hat, so muss auch hier der Musiker die erhaltenen Zeichen in die übliche Notenschrift übersetzen.

Wir haben hier den Apparat so genommen, wie er dem Erfinder in der ersten Idee vorgeschwebt haben mag und wie er im Ganzen und Grossen auch ausgeführt ist; im Einzelnen bemerken wir jedoch an dem vor uns stehenden Apparate einige zweckmässige Abweichungen von dem oben Gesagten. Zunächst gewahren wir, sobald eine schwarze Taste des Harmoniums niedergedrückt wird, statt des schwarzen einen blassrothen Strich auf dem Papiere erscheinen. Die zu den halben Tönen gehörigen Polspitzen des zeichengebenden Kammes sind nämlich nicht aus Stahl, wie bisher, der einfacheren Darstellung halber, angenommen worden ist, sondern aus Messing, welches, vermöge seines Kupfergehaltes, auf jenem chemisch präparirten Papier eine rothe Reaction gibt und folglich die halben Töne als solche ersichtlich macht. Ferner sehen wir, wenn wir in der zweiten Octave am Harmonium sind, die Zeichen der ersten Octave erscheinen, aber mit einem braunen Strich unterhalb der schwarzen Linien; in gleicher Weise verhält es sich mit der vierten und fünften Octave. Der Erfinder hat, um die Anzahl der Spitzen des Schreibkammes, mithin auch die Breite des Papiers vermindern zu können, den Apparat so eingerichtet, dass die zweite und vierte Octave durch die erste und fünfte sich ausdrücken lassen, wobei jene braunen Linien als Umsetzungszeichen autographisch auf dem Papier durch die electro-chemische Reaction einer Kobaltspitze entstehen.

Die ganzen und halben Noten unterscheiden sich also durch die Farbe der Striche, welche durch ihre verschiedenen Lagen zwischen

den vom Apparate punctirten Linien die Noten vorstellen und durch ihre Länge die Dauer der Niederdrückung der Tasten, also die Dauer der entsprechenden Töne bezeichnen.

Wie steht es aber mit dem Tact? Um auch diesen festzuhalten, sind in dem schreibenden Kamme zwei Zähne angebracht, welche aus einer Legirung von Bismuth und Kupfer bestehen und die auf dem chemisch präparirten Papier eine gelbe Reaction geben, die jedoch erst deutlich auftritt, wenn das Papier später in destillirtem Wasser gewaschen wird. Der Tact wird also durch gelbe Striche ausgedrückt, deren automatische Erzeugung auf electro-chemischem Wege entweder durch ein vom Spieler tactmässig getretenes Pedale oder, wenn ihn dies genirt, durch einen von einem Gehilfen tactmässig regierten Telegraphenschlüssel erfolgt. Bei dem ausgestellten Apparat fehlt jenes Pedale, hingegen sieht man hier das bekannte Melzel'sche Metronom, welches den Tact schlägt und electro-chemisch auf das Papier zeichnet und wonach sich der Musiker zu halten hat. Will er dies nicht, so muss der oben erwähnte Gehilfe den Tact schlagen. Die entsprechenden Zeichen erscheinen sodann in gelben Strichen auf dem chemisch präparirten Papiere.

An der Vorderseite des Apparates finden die Beschauer, in Form eines kleinen Placates, die nachgedruckten Proben dieser eigenthümlichen Musikschrift und eine gleichlautende Uebersetzung in die ordentlichen Notenzeichen; — wird das musikalische Genie die Geduld haben, bevor es an seine festzuhaltenden Improvisationen geht, die Batterie und den Apparat in Stand zu setzen, die Spitzen des Kammes bis zur metallischen Reinheit abzureiben u. s. f.? Wird es einen Curs über die zur Handhabung dieses Instrumentes erforderlichen Grundlehren der Telegraphie hören wollen? So viel scheint richtig, dass ein musikalischer Telegraphist mit diesem Apparat bald auf gutem Fusse stehen wird, wo aber finden sich die Telegraphie treibenden Musiker?

Wie es in Zukunft auch kommen mag, principiell ist eine Stenographie der auf Tasten-Instrumenten erzeugten Musik nicht unmöglich. Dabei spielt das Wesen der electro-chemischen Telegraphie die Hauptrolle. Und wenn später das improvisirte Werk seinem Autor nicht gefällt, so hat er nicht einmal die Ausrede, wie mancher Redner, der bei einer Missgeburt seiner Rhetorik nicht selten mit der Ausflucht: „Der Stenograph hat's gethan“ sich zu retten sucht. Ein Gutes hat diese Erfindung sicher. So dich nämlich, freundlicher Leser, wieder einmal ein verkannter, improvisirender Compositeur mit seinem Jammer plagen will, seine schönsten Werke gehen in seiner musikalischen Phantasie verloren, so rufe ihm nur das Eine Wort zu: „Melophon“ und er wird entweichen, wie der Satan vor dem Fagot. Pisko.

Ueber die Verwendbarkeit der Aneroide von Naudet, Hulot & Comp. in Paris in der Wissenschaft.

Ein Beitrag zur Beantwortung der, in der Einladung zur Meteorologen Conferenz 1872 in Leipzig aufgestellten, zweiten Frage:

„Welche ist die zweckmässigste Construction von Barometern für Stationen zweiter Ordnung? Ist der Gebrauch von Aneroiden für solche Stationen zuzulassen?"

Von

Dr. Paul Schreiber.

Auf der Meteorologen Conferenz in Leipzig war die Frage aufgeworfen, ob der Gebrauch von Aneroiden auf Stationen zweiter Ordnung zulässig sei oder nicht. Es wurde sehr dagegen gesprochen, die meisten der Fachmänner verwarfen das Aneroid vollständig, andere wollten es bedingsweise zulassen und man einigte sich schliesslich zu dem Resultat: Das Aneroid darf nicht anstatt eines Quecksilberbarometers, sondern nur neben demselben als Interpolationsinstrument benutzt werden.

Ganz entgegengesetzt diesen verwerfenden Urtheilen von so bedeutenden Namen, die auf der Conferenz waren, sind nun die sanguinischen Hoffnungen, welche von dem Freiherrn von Wüllerstorf-Urbair angeregt, vorzüglich in Joseph Höltschl ihren eifrigen Verfechter finden. Letzerer nennt das Aneroid ein sicheres Zukunftspraecisionsinstrument und will es vollständig unabhänig vom Quecksilberbarometer gebrauchen können.

Gerad so wie sich in der Frage der Verwendbarkeit die Ansichten diametral gegenüberstehen, sind dieselben auch bei der Frage, wo und wie das Aneroid gebraucht werden könnte, entgegengesetzt. Die eine Partei will die Aneroide nur zu Höhenmessungen, nicht aber auf festen meteorologischen Stationen gebrauchen lassen, während umgekehrt andere gegen die Anwendung zum Höhenmessen und für den Gebrauch auf festen Stationen sind. Diese eigenthümlichen Erscheinungen machten

in mir den Gedanken rege, dass die Akten über diesen Gegenstand durchaus nicht geschlossen sein dürften, zumal mich meine Erfahrungen, die ich bei einer mehr als 6 Monate ausgedehnten barometrischen Höhenmessung mit Aneroiden gemacht hatte, gegen das Urtheil der Meteorologenversammlung misstrauisch machten. Ich sah mich zunächst in der Literatur, die mir zu Gebote stand um, um zu sehen, auf welchen Beobachtungen die Urtheile basirt sein möchten; da fand ich nun sehr wenig und was ich fand zeigte mir, dass die ganzen Beobachtungen nicht genügend sind, um ein Urtheil über die Aneroide fällen zu können. Mir sind folgende Methoden vorgekommen: die einfachste ist die Vergleichung von Aneroiden mit Quecksilberbarometern. Dieses Verfahren ist aber durchaus nicht sehr geeignet, ein Urtheil über das Instrument zu gewinnen. Es mag diese Behauptung etwas barock klingen, sie wird aber das auffällige sofort verlieren, wenn ich einen analogen Fall anführe. Vergleicht man ein Quecksilberthermometer mit einem Luftthermometer und findet, dass beide nicht zusammengehen, so wird man nicht das Quecksilberthermometer als unbrauchbar verwerfen, sondern man wird bedenken, dass erstens die Ausdehnung des Quecksilbers eine unregelmässige ist und dass die Ausdehnung der Glassorte sehr in Betracht kommt. Die Verschiedenheit der Instrumente vergisst man gewöhnlich bei den Aneroiden; heut wird ein Aneroid mit Quecksilberbarometer verglichen und die Differenz bestimmt, einige Zeit später findet die Vergleichung bei einem Barometerstand, der 10 oder noch mehr Millimeter höher oder tiefer ist, statt; dann kann es gar nicht Wunder nehmen, es ist sogar leicht denkbar, dass dann die Differenz vielleicht einen Millimeter von der vorigen verschieden ist. Es ist dies kein Fehler des Instrumentes, sondern daran ist der Mechaniker Schuld, der die falsche Theilung gemacht hat und der Beobachter, der sich nicht überlegt, was die Ursache von dieser Erscheinung sein könnte.

Man hat ferner die Aneroide geprüft, indem man die Höhen von bekannten Stationen bestimmte und die Resultate mit den bekannten Höhen verglich. Dieses Verfahren richtet sich selbst und seine Uebelstände brauche ich nicht erst auseinander zu setzen.

Weiter begegnet man Experimenten mit der Luftpumpe, man hat den Gang des Aneroides unter dem Recipienten mit dem eines Quecksilberbarometers verglichen; die Versuche sind aber wenig werth,

wie ich später darlegen werde. Sorgfältige Luftpumpenexperimente können sehr gute Resultate geben, nur müssen sie in anderer Form angestellt werden.

Ganz nutzlos sind die Bergbesteigungen, welche Höltschl ausgeführt hat, behufs der Prüfung der Aneroide; es wird auch diese Behauptung später nachgewiesen werden.

Das rationellste Verfahren, mehrere Aneroide zugleich abzulesen, womöglich noch mit einem Quecksilberbarometer, diese Beobachtungen dann längere Zeit fortzusetzen und dann nicht nur die Differenzen Aneroid-Quecksilberbarometer zu betrachten, sondern auch die Aneroidresultate unter sich zu vergleichen, ist mir nirgends vorgekommen und dazu hatte Höltschl die schönste Gelegenheit, ebenso Stewart, Wild etc.

Die Vergleichung von Aneroid mit einem Quecksilberbarometer ist jedenfalls sehr schön, nur muss sie auf lange Zeit ausgedehnt werden.

Ganz vergessen hat man nämlich die Veränderungen, die der Stand der Aneroide mit der Zeit erhält; zwar ist dieser Umstand fast von allen, die über Aneroide gesprochen und geschrieben haben, als ein Hauptargument gegen die Verwendbarkeit dieser Instrumente aufgeführt worden, aber es ist noch Niemand eingefallen die Veränderungen des Standes also den Gang der Aneroide in Rechnung zu ziehen. Die Aneroide sind mechanische Kunstwerke und die treibende Kraft ist die Elasticität der Feder der Büchse. Diese Elasticität, sowie die Luftleere der Büchse sind nun gewissen Aenderungen unterworfen; es werden diese Aenderungen aber bei guten Instrumenten nicht sprungweise vor und rückwärts gehen, sondern sie werden eine gewisse Regel befolgen. Bestimmungen dieser Veränderungen, die mit Rücksicht auf die Theilungsfehler der Aneroidscala angestellt werden müssten, sind mir nirgends vorgekommen und so muss denn die Frage über diese Veränderungen noch als eine offene bezeichnet werden. Wollte man das Aneroid wegen dieses Ganges verwerfen, so dürfte man die Chronometer deshalb nicht gebrauchen, weil sie auch Gang zeigen. Nun sieht man auch, warum die Vergleichungen der Aneroide mit Quecksilberbarometern viel Zeit in Anspruch nehmen: Man muss aus diesen Beobachtungen erst Theilungscorrection, Temperaturcorrection und Gang bestimmen und der letztere vorzüglich erfordert viel Zeit. Die Vergleichung von Aneroiden mit dem Quecksilberbarometer hat nun noch einen Uebelstand, der unter Umständen sehr in das Gewicht fallen kann.

Alle diejenigen, welche sich mit Aneroiden abgegeben haben, bestätigen die grosse Empfindlichkeit dieses Instrumentes. Es ist nicht anzunehmen, dass der Luftdruck immer constant ist, sondern derselbe ist höchst wahrscheinlich eine sehr schnell sich ändernde Grösse. Wie schnell und wie gross diese Aenderungen sind, kann man noch nicht beurtheilen, weil die schwere Quecksilbermasse nicht im Stande ist diesen Aenderungen momentan zu folgen. Denkt man sich nun bei sehr bewegter Luft eine Vergleichung vorgenommen, so kann, ehe man das Barometer eingestellt und dann das Aneroid abgelesen hat, ein bedeutender Druckunterschied stattgefunden haben, dem das Aneroid mehr gefolgt ist, als das Quecksilberbarometer. Bei starkem Winde habe ich das Aneroid über halbe Millimeter hin und her springen sehen. Bei einem Gewitterregen, den ich in der Stube beobachtete, sah ich die Aneroide sinken beim Annähern der Wolke; plötzlich stiegen sie und man hörte das Rauschen des herabströmenden Regens; sowie es aufhörte mit Regnen sank der Luftdruck, um im Moment des zweiten Gusses wieder zuzunehmen und dann nach dem Aufhören des Gewitters fortzusteigen.

Ich will, um diese Einflüsse zu zeigen, gleich die Beobachtungen an dem einen Instrumente mittheilen.

Beobachtungen zu Klein Thiemig bei Grossenhain im Gasthof am 31. August 1872 während eines Gewitterregens.

Beobachtungszeit	Aneroidablesungen auf constante Temperatur reducirt	Bemerkungen
$1^h,9$	$748,25^{mm}$	Gewitter im Anzug
$2^h,4$	48,10	
$2^h,9$	48,00	
$3^h,5$	48,04	
$3^h,8$	48,36	Beginn des Regens
$3^h,9$	48,65	
$4^h,1$	48,44	Regen hat aufgehört
$4^h,2$	48,64	Neuer stärkerer Regenguss
$4^h,3$	48,78	
$4^h,4$	49,00	
$4^h,5$	49,00	
$5^h,9$	49,92	
$6^h,6$	49,63	Gewitter vorbei.

Schon ein alter Beobachter rühmt die Empfindlichkeit der Aneroide, so sagt 1847 Pilaar zu Medemblick (Fortschritte der Physik Bd. 3.), die Aneroide zeigten kleine Windstösse an, die man am Barometer nicht bemerken könne. In demselben Bande der Fortschritte der Physik findet man die Notiz, dass das Vidianeroid eine Druckvermehrung beim Fahren durch einen Tunnel erkennen lässt.

Man scheint auch ganz und gar eine Arbeit vom Capt. Henry James vergessen zu haben, welche doch aller Beobachtung werth erscheint. Diese Arbeit findet sich in den Transactions of the Royal Society of Edinburgh, vol. XX. 1853 und ist betitelt:

„On a necessery correction tothe observed height of barometer depending upon the force of the wind by capt. Henry James.“

James geht von der theoretischen Betrachtung aus, dass vermöge der Saugwirkungen, welche bewegte Luftmassen auf eingeschlossene ruhige Luftmassen ausüben, der Luftdruck in Gebäuden unter den statischen Druck der äusseren Luft herabsinken müsse. Die Richtigkeit dieser Ansicht und die Grösse der Depression hat er nun durch Versuche nachgewiesen, die folgendermassen angestellt wurden.

Mit einem Aneroide, dessen Temperaturcorrection bekannt war, wurde an drei Stellen, die vollständig unbeeinflusst von der Umgebung in gleicher Höhe lagen, Ablesungen gemacht und zwar A auf dem Tisch in der Stube des Wohnhauses, C auf dem Sessel des offenen Sommerhauses und auf dem freien Platz B hinter dem Sommerhaus. James sagt nun: „Bei ruhigem Wetter war das Barometer an allen Orten constant.“ Sowie aber der Wind „with any considerable force“ wehte, war der Luftdruck in A und C kleiner, als in B; in B war das Barometer ruhig, oscillirte aber in A und C mit der Stärke des Windes. „Every gust of wind was indicated by a corresponding depression of the barometer.“

Die Windestärke wurde gemessen durch „the compression of a spiral spring in a tube“. Die Resultate sind nun folgende:

Depression in Millimetern	Windstärke, ausgedrückt in verschiedenen Maassen				
	Geschwindigkeit		Stärke nach der Skala		
	in Meilen p. h.	in Met. p. Sec.	americanisch	russisch	viertheilig
0,25	14,2	6,4	fresh	5 frisch	—
0,38	20,0	8,9	brisk	6 stark	3
0,51	24,5	10,9	"	7 sehr stark	—
0,64	28,3	12,6	"	8 Sturm	4
0,76	31,6	14,1	high	"	—
0,89	34,6	15,4	"	"	—
1,02	37,4	16,7	"	"	—
1,15	40,0	17,8	gale	9 heft. Sturm	—

NB. Die Stärke des Windes nach americanischer Scala ist berechnet n. d. Report of the chief signal officer 1872.

Die Stärke des Windes nach russischer Scala und der viertheiligen aber nach den Instructionen, welche Wild im Repertor. f. Meteorologie Bd. II Heft 1, Seite 11 gibt.

James giebt die Stärke des Windes durch seine Geschwindigkeit in englischen Meilen pro Stunde an und die Depression in englischen Zollen. Die Depressionen habe ich in Millimeter umgesetzt, dagegen aber die Windgeschwindigkeiten in den Originalzahlen in der Columne 2 gegeben.

Es lohnte sich jedenfalls, wenn diese Untersuchungen nochmals und gründlich vorgenommen würden. Entschieden bekommt man andere Ablesungen, wenn man das Aneroid gegen den Wind stellt, oder wenn man es durch den eigenen Körper schützt, wie ich es auf Berghöhen bei lebhaftem Wind vielfach zu beobachten Gelegenheit hatte.

Es ist wahrscheinlich, dass der Luftdruck immer um ein Mittel oscillirt, und dass die Amplituden dieser Oscillation um so grösser sind, je stärker der Wind ist, da derselbe durch um so grössere Druck-Verschiedenheiten bedingt ist.

Wie man aus dem Gesagten und den Beweisen von Seite (204 etc.) ersehen wird, sind die Grundlagen, auf denen die Urtheile der Meteorologen basirt sind, sehr ungenügend. Es ist möglich, dass Beobachtungsreihen existiren, dass dieselben aber nicht veröffentlicht sind; dies wäre sehr zu bedauern und es würde gewiss erwünscht sein,

wenn das vorhandene Material endlich allen zugänglich gemacht würde. So lange die Publication nicht erfolgt ist, muss man die Beobachtungen als nicht geschehen annehmen und so muss ich auf Grund der mir zugänglichen Literatur behaupten: **das Aneroid ist verurtheilt worden, ohne dass es genügend geprüft worden ist.** Demgemäss halte ich es für nicht unzweckmässig, die Resultate einer grösseren Zahl von Beobachtungen an Aneroiden, wie sie von Naudet und Hulot in Paris geliefert werden, der Oeffentlichkeit zu übergeben. Meine Beobachtungen an 5 Naudetaneroiden sprechen entschieden zu Gunsten dieser Instrumente und ich muss auf Grund meiner Beobachtungen die Naudetaneroide auf gleiche Stufe mit den besseren Heberbarometern stellen.

Zwar weiss ich, dass es gewagt ist durch Prüfung von 5 Instrumenten, von denen jedes ein Individuum mit den eigenen Vorzügen und Mängeln sein kann, den Schluss auf alle Instrumente zu machen; aber ich glaube trotzdem mit demselben Recht für die Aneroide sprechen zu können, mit dem andere dagegen gesprochen haben.

Natürlich und das hebe ich besonders hervor, darf nur ein streng geprüftes Instrument angewendet werden und auch dieses muss von Zeit zu Zeit durch ein Quecksilberbarometer controlirt werden.

Nach diesem Resultat, das sich begründet und schärfer ausgesprochen in den nachfolgenden Experimentaluntersuchungen finden wird, sei es mir gestattet etwas näher auf die Frage 2 der Meteorologenconferenz einzugehen. Es handelt sich um die zweckmässigste Construction der Barometer für Stationen zweiter Ordnung und darum, ob auf diesen Stationen Aneroide verwendet werden dürften.

Die Männer vom Fach haben sich, wie Eingangs erwähnt, gegen das Aneroid ausgesprochen, dafür gemeint, es müsse überall ein Quecksilberbarometer aufgestellt werden.

Dem entgegen will ich folgenden Vorschlag der Begutachtung der Fachmänner unterbreiten:

„Man verwirft das Quecksilberbarometer als reguläres Beobachtungsinstrument gänzlich und lässt an allen meteorologischen Stationen an zwei Aneroiden Naudet'scher Construction gleichzeitige Ablesungen machen".

Die Aneroide denke ich mir in einem gemeinsamen Kasten mit einem Thermometer zusammen und zwar soll der Kasten aus schlecht wärmeleitendem Material bestehen und ein Glasdeckel das Ablesen der Aneroide gestatten, ohne dass dieselben herausgenommen zu werden brauchen.

Dieser Kasten wird auf ein an der Mauer irgendwie befestigtes Tischchen gesetzt und muss vor der Ablesung auf und nieder geschwenkt werden, eine Manipulation, die sich mehr empfiehlt, als das Klopfen an die Aneroide vor der Ablesung behufs der Ueberwindung der Trägheit und Reibung im Hebelwerk.

Es sei mir gestattet, die Gründe, welche mich zu diesem Vorschlag führten, auseinanderzusetzen.

1) Bei den Verhandlungen in Leipzig wurde wiederholt das Bequemlichkeitsprincip aufgestellt. Es hat dies einen hohen Sinn, es bildet mitunter sogar die Lebensfrage für das Sein oder Nichtsein einer meteorologischen Station und es ist unter allen Umständen nöthig, in einer Wissenschaft, die nur durch die Fülle des Beobachtungsmaterials schnell vorschreiten kann, auf die Bequemlichkeit der freiwilligen Mitarbeiter möglichst Rücksicht zu nehmen. Das Quecksilberbarometer nun gehört entschieden zu den unbequemsten Instrumenten, welche wir haben; die Bedingung, in einen ungeheizten Raum zu hängen und zwar am Fenster, ist schon lästig und nun erst die Manipulationen, das Neigen, Klopfen, Einstellen der Kuppen unten und oben, das Ablesen des Thermometers und Nonius, ehe man eine einzige Beobachtung bekommt, werden bald das Interesse eines weniger begeisterten Beobachters abschwächen. Ich will durchaus keine Verdächtigung der freiwilligen Beobachter aussprechen, aber ich möchte nicht den Procentsatz der durch den unbequemen Gebrauch des Barometers hervorgebrachten falschen Barometerstände kennen; ich glaube dieser Satz ist ziemlich hoch und man hat absolut kein Mittel, denselben zu beurtheilen.

Wenn man aber bei den hygrometrischen Instrumenten das Bequemlichkeitsprincip so vorwalten lässt, dass anstatt des Regnault-schen Hygrometer, die anerkannt äusserst unsicheren Angaben von August's Psychrometer und des Haarhygrometer oder gar des Schwe-

felsäurehygrometers benutzt werden, warum greift man dann nicht mit mehr Recht zum Aneroid, von dem diejenigen, welche es genau geprüft haben, behaupten können, dass es zweckmässig gebraucht dieselbe Genauigkeit, wie die besseren Heberbarometer besitzt?

Der Vortheil, den die Aneroide in dieser Beziehung bieten, ist zu sehr in die Augen springend, als dass ich noch mehr auf ihn hinweisen müsste.

2) Dadurch dass allemal zwei Ablesungen gemacht werden, controlirt der Beobachter nicht nur sich selbst, sondern auch die Instrumente; eine plötzliche Veränderung des einen Instrumentes wird sofort an der Differenz zwischen den Angaben beider gemerkt werden, und man weiss so bestimmt, von wann an die Störung eingetreten ist. Durch Vergleichung der Instrumente mit einem Quecksilbernormalbarometer wird man sofort erkennen, welches von beiden Instrumenten die Störung erlitten hat und man kann dann die Ablesungen an dem anderen Instrument zur Ableitung der Mittel benutzen.

Das Quecksilberbarometer erleidet auch Aenderungen und zwar können dieselben ziemlich beträchtlich sein. Es kann nach und nach Luft eindringen, die corrigirbare Scala kann sich ändern und die Mikroskope oder Fadendiopter sind Verstellungen ausgesetzt. Dadurch, dass man nur ein Instrument hat und die Controlen sehr selten stattfinden, kann man monatelang falsche Beobachtungen erhalten. (Siehe die Beobachtungen von Jelinek Seite 218.)

3) Die Bequemlichkeit der Beobachtung hat nicht nur den Vortheil, die Beobachter länger zu erhalten, sondern sie wird auch gestatten, mehr Beobachtungen bekommen zu können.

Ich meine namentlich die Bewegungen des Luftdruckes bei Gewittern und Stürmen.

Dass bei diesen Phänomenen noch sehr interessante Thatsachen zum Vorschein kommen können, ist wohl ausser Zweifel und die Ergründung dieser Erscheinungen würde durch die Einführung der Aneroide wesentlich gefördert werden.

Dabei will ich noch aufmerksam machen, dass es sehr leicht möglich ist, die Aneroide zur Registrirung der barometrischen Maxima und Minima einzurichten.

Anstatt des Stellzeigers, wie er jetzt an den meisten Aneroiden

gebräuchlich ist, braucht man nur einen leicht beweglichen Zeiger anzubringen, der vom Aneroidzeiger mitgenommen wird. Das eine der Aneroide kann so den Maximumzeiger, das andere den für das Minimum tragen. Ersterer wird bis auf den höchsten Stand geschoben und dann liegen gelassen und letzterer bleibt auf dem Minimum stehen, wenn der Luftdruck wieder zu steigen beginnt. Da die Aneroide in ihrer jetzigen Einrichtung durchaus in horizontaler Lage des Zeigers abgelesen werden müssen, so können diese Maximum- und Minimumzeiger sehr leicht sein und werden die Bewegung des Aneroides in Nichts stören.

Der Beobachtungsmodus würde dann folgender sein: der Beobachter liest erst das Maximum, Minimum und Temperatur der Aneroide ab, dann schwenkt er den Kasten auf und nieder und beobachtet die momentan stattfindenden Barometerstände. Die Stellzeiger werden dann wieder an den Standzeiger angelegt und die Instrumente nun sich selbst überlassen.

4) Was den Kostenpunct betrifft, so glaube ich wird man auch besser mit den Aneroiden wegkommen. Die jetzt im Handel vorkommenden Aneroide sind entschieden zu theuer, der hohe Preis wird aber wesentlich durch das Thermometer bedingt und durch die Austattung des Instrumentes. Das Thermometer ist beim Beziehen des Instrumentes nicht nöthig, man setzt nachträglich ein Thermometer hinein, das vielleicht 1 Mark kostet, und es würden die Instrumente bei einigen zweckmässigen Aenderungen, direct von der Fabrik bezogen, sicher billiger stehen, als nur einigermaassen brauchbare Quecksilberbarometer. Allerdings ist es nöthig, ein sorgfältig construirtes möglichst bald erreichbares Quecksilberbarometer zu deponiren, um bei eintretenden Störungen der Aneroide so schnell als möglich die Controlen vornehmen zu können.

In civilisirten Gegenden wird man sich mit dem Normalbarometer der Centralstation begnügen können, da man die Stationen durch die Eisenbahn schnell erreichen kann, obgleich es besser wäre noch mehrere Normalbarometer vielleicht der Obhut der Physiker an höheren Schulen anzuvertrauen, so dass diese Physiker die Meldung der Störungen von den nächsten Stationen empfangen und die Controlen ausführen können. In weit ausgebreiteten Staaten wird dies vom Standpunkt der Ersparniss aus sogar nothwendig werden.

Solche Controlbarometer müssen sehr sorgfältig und dauerhaft construirt sein, es kommt weniger auf ihre ausserordentliche Genauigkeit als auf die Constanz der Correctionen an.

Demgemäss müssen sie stets so aufbewahrt werden, dass das Vacuum mit Quecksilber ausgefüllt ist und so keine Luft eintreten kann. Um jederzeit die Angaben des kathetometrischen Apparates prüfen zu können, sollten zwei Marken (vielleicht an der Barometerröhre) angebracht sein, von denen man sicher ist, dass sie ihren Abstand nicht ändern; der Abstand dieser Marken wird genau bestimmt und der Beobachter misst vor jedem Gebrauch des Controlinstrumentes den Abstand der Marken und ist so sicher, dass keine Veränderungen im kathetometrischen Apparat eingetreten sind, oder hat eventuell das Mittel gleich die Aenderungen in Rechnung zu ziehen.[1])

---

1) Es ist mir immer aufgefallen, dass man von einer Nothwendigkeit spricht, die Normalinstrumente der verschiedenen Centralanstalten zu vergleichen. Welches ist dann das normalste der Normalinstrumente? Es soll eine Commission sogar eingesetzt werden. Unter einem Normalinstrument kann man natürlich nur ein solches verstehen, welches absolut genaue Angaben liefert. Die Angaben eines Barometers hängen nun von folgenden Factoren ab: Luftleere des Vacuum, genügende Weite der Röhre, um Oberflächeneinwirkungen zu vermeiden, Reinheit des Quecksilbers und Richtigkeit des kathetometrischen Apparates.

Die erste Bedingung wird sich durch kein absolut sicheres Mittel nachweisen lassen, kann aber durch sorgfältiges Füllen und genügenden Raum des Vacuum erreicht werden. Um die Einflüsse der Capillarität wegzubringen, sollten die Normalinstrumente stets Heberbarometer sein, da man dann sicher ist, dass eine geringe Depression durch die untere Kuppe aufgehoben wird. Die Einflüsse der Ungleichheit der Oberflächengestalt beider Kuppen wird man bei genügend weiten Röhren vollständig vernachlässigen können. Die Reinheit des Quecksilbers wird nun in den meisten Fällen genügend sein, da unreines sich durch die starke Adhäsion am Glas unangenehm zu erkennen gibt, aber der Sicherheit halber sollte jede Centralstation den eigenen Quecksilberdestillirapparat haben und dazu ist jedenfalls der von Weinhold[1]) erfundene der zweckmässigste und bequemste. Das Destilliren des Quecksilbers ist entschieden zweckmässiger, als die umständliche Methode von Wild[2]). Die Bedingungen lassen sich alle an der Centralanstalt am besten an dem Instrumente selbst untersuchen und prüfen. Der Hauptfehler der Angaben eines Barometers liegt nun in dem kathetometrischen Theil desselben. Da ist es nun sehr nothwendig, dass derselbe jederzeit revidirt werden kann, was aber nicht durch Vergleichung mit anderen Barometern geschehen darf. Man muss

---

1) Weinhold, Osterprogr. d. k. höh. Gewerbschule in Chemnitz 1873.
2) Wild, Carl's Repertorium Bd. VII Seite 258 und in seinem Repert. für Meteorologie Bd. II.



Das einzige, was der Einführung der Aneroide entgegenstehen könnte, ist die Nothwendigkeit der strengen Prüfung jedes Exemplars auf der Centralstation, die Bestimmung des Ganges, der Standcorrectionen und der Temperaturcorrection. Dies sind aber Arbeiten, welche, wenn sie systematisch betrieben, von einem einzigen Beamten, der durchaus keine wissenschaftliche Bildung zu haben braucht, leicht ausgeführt werden können; so schön das Bequemlichkeitsprincip bei Stationen 2ter Ordnung angewendet werden sollte, um so nothwendiger ist es, dass es von den Centralstationen verschwindet. Dazu bin ich überzeugt, dass man sich von der Grösse des Ganges der Aneroide eine übertriebene Vorstellung macht und dass gute Aneroide ihren Stand Monate hindurch unverändert beibehalten.

Der Behauptung, welche ich aufgestellt, dass nämlich die Naudetaneroide den besseren Heberbarometern gleichgestellt werden können, mögen nun folgende Beobachtungen von mir und anderen zum Beweis dienen.

Ich habe alles, was ich nur erlangen konnte und was von Zeitschriften und Separatarbeiten, in denen Aneroidbeobachtungen vorkommen, in den Bibliotheken der Sternwarte und der Universität in Leipzig und der k. H. Gewerbschule in Chemnitz vorhanden ist, zu Rathe gezogen und hoffe, dass mir keine grössere Arbeit entgangen ist, welche das Urtheil wesentlich modificiren würde.

Die Arbeit, welche Ragona in Secchi's Bulletino meteorologico (Bericht über die Verhandl. d. Meteorologenvers. in Leipzig 1872 S. 19) publicirt hat, habe ich leider nicht erlangen können. Sie würde aber für mich sprechen, da die betreffende Stelle des Briefes von Ragona lautet:

„Bezüglich des Aneroidbarometer muss ich mich, gestützt auf eine lange Beobachtungsreihe, deren Resultate ich in Secchi's

den Kathetom-Apparat abnehmen können und nun genau so, wie man die Abstände der Kuppen mit demselben misst, Abstände zweier oder noch mehrerer unter sich festen Punkte, deren Abstände nach einem Normalmeter genau bestimmt sind, messen können. Nur dann ist das Instrument ein Normal-Barometer und man hat nur nöthig, an die verschiedenen Normalstationen sorgfältig geprüfte Metermaassstäbe zu senden.

„Bulletino meteorologico“ veröffentlichte, dahin aussprechen, dass dieses Instrument nur dann das Quecksilberbarometer ersetzen und zur Bestimmung der Maxima und Minima dienen könne, wenn es unveränderlich an demselben Observatorium bleibt und man vorher die von der Temperatur und dem Stande des Aneroids abhängigen Correctionen genau ermittelt hat.“

Durch den Transport sollen sich nun die Correctionen des Aneroides ändern, wesshalb es Ragona nicht empfiehlt, dass dies aber kein Grund ist, habe ich schon an andern Stellen bemerkt, man muss einfach die Correctionen dort bestimmen, wo es gebraucht werden soll. Die Aenderung ist übrigens nur eine constante Vermehrung oder Verminderung der Standcorrection, die auf die Function, also der Abhängigkeit derselben von dem Luftdruck, keinen Einfluss hat.

Ich sammelte nicht nur Beobachtungen über die Aneroide, sondern war auch bemüht, Vergleichungen von Quecksilberbarometern zu finden.

Das ganze Material will ich so kurz als möglich darstellen, ohne dabei eine Reihenfolge, weder in chronologischer noch sachlicher Beziehung einzuhalten.

In den Fortschritten der Physik, herausgegeben von der physik. Gesellschaft in Berlin findet sich

Band 3 (1847) Seite 579: Baromètre aneroide von Vidi.
„An. zeigt Vermehrung des Luftdruckes bei Tunnelfahren auf Locomotive etc.“

Band 3 (1847) Pilaar zu Medemblick: „Vergleichende Beobachtungen mit einem Aneroidbarometer und einem gewöhnlichen Seebarometer.“

Aus diesen Vergleichungen lässt sich nicht viel sehen, als dass die von Temperatureinfluss nicht befreiten Ablesungen einen starken, aber regelmässigen Gang erzeigen.

„Die Instrumente haben sich gut bewährt.“ „Aneroid zeigt kleine Windstösse an, welche man am Quecksilberbarometer nicht bemerkt.“

Bd. VI und VII: J. Lovering, Remarks on the aneroidbarometer (siehe weiter unten).

Bd. VIII 770 Bericht aus Ermann's Archiv IX 20.

Ermann führt die Corrections-Formel

$$B - A = (H - A)\,\alpha \;- \beta . A . t$$

ein, worin er die Constanten H, α und β aus Vergleichungen mit Quecksilberbarometern bestimmt.

Den Wahrsch. Fehler einer Vergleichung findet er zu $\pm 0{,}2^{mm}$.

„$\frac{\beta}{1-\alpha}$ stellt die Aenderung der Elasticität der Feder pro 1° C. dar. Diese Aenderung würde den Stand eines Chronometers täglich um $11{,}5^s$ ändern, was mit dem von Tiede gefundenen Werth 6^m Standänderung pro Tag bei Temperaturänderung um 30° nahe übereinstimmt."

Bd. 24: Prüfung durch Elschnig (siehe weiter hinten).

Selbst die österreichische Zeitschrift für Meteorologie enthält in den Bänden 1—6 sehr wenig.

Bd. 1, 97 findet sich der Aufsatz des Freiherrn von Wüllerstorf-Urbair, worin nur der Gedanke, das Aneroid zum Messen der Aenderung der Schwere zu benützen, entwickelt ist.

Bd. 5, 380 enthält ein etwas ausführlicheres Referat über das Werk: „Kurzgefasste Anleitung zu barometrischen Nivellirungen mit Quecksilber und Metallbarometern von Dr. A. Elschnig, Salzburg 1869.

Für unsere Zwecke entnehmen wir daraus folgendes:

1) Standänderung des Aneroides Nr. 1
„Aenderung in 7 Monaten von $+0{,}04^{mm}$ bis $+0{,}32^{mm}$
und ein Jahr später
Stand $= -0{,}08^{mm}$ bis $+0{,}16^{mm}$ während 5 Monaten,
und erreichte nur einmal $-0{,}37^{mm}$"
„Standänderung d. An. Nr. 2 $-0{,}20^{mm} \div +0{,}19$ während 9 Mon."

2) „Mittlere Fehler sind kaum grösser, als die tragbarer Quecksilberbarometer."
„Mittlere Abweichung von einem Fortin'schen Barometer beträgt weniger als $0{,}2^{mm}$ bei 3 Aneroiden.

„Wahrsch. Fehler d. An. Nr. 1 aus 13 Beobachtungsreihen. $= \pm 0{,}10^{mm}$".
„ „ „ „ „ „ 15 „ $= \pm 0{,}10^{mm}$".
„ „ „ „ „ 2 „ 11 „ $= \pm 0{,}10^{mm}$".

In einer Notiz über dieselbe Arbeit in dem l'Institut, prem. Sect. 1868 Seite 376 findet sich, dass die Zahl der ganzen Beobachtungen,

welche Elschnig gemacht, mehr als 800 seien und dass er die Aneroide für feste Stationen, wie für Höhenmessungen empfiehlt.

Bd. 5 Seite 556.

On the use of the barometer on surveys and reconnaissances by B. S. Willeamson Maygor, Corps of Ingeneers, U. S. Army, New-York.

Das Urtheil ist dem Aneroid ungünstig.

Zwei Arbeiten haben der Einführung der Aneroide in die Wissenschaft sehr geschadet, es sind dies die Experimentaluntersuchungen von Stewart und Lovering, Arbeiten, welche sehr verbreitet sind und auf welche mehr Gewicht gelegt worden ist, als Ihnen zukommt.

Philosophical Magazine, Vol. XXXVII 1869 Seite 65 etc.

„An Account of certain experiments on aneroid barometer, made at Kew Observatory at the expense of the meteorogical committee. By B. Stewart."

Die Arbeit ist schon mehrfach excerpirt worden, so dass ich sie nur der Vollständigkeit wegen hier aufführen will.

Die Aneroide wurden vertical aufgehangen[1]); nachdem sie geklopft und bei gewöhnlichem Druck abgelesen waren, wurde die Luft verdünnt. Der Druck nahm ab um je $1'' = 25{,}4^{mm}$, es wurde nach dem Auspumpen jedesmal 10^{m} gewartet, ehe die neue Ablesung und das darauffolgende Evacuiren um wieder $25{,}4^{mm}$ erfolgte. Die Druckverminderung ging im Ganzen von $762^{mm} \div 483^{mm}$. Auf dem tiefsten Stand blieb das Aneroid $1^{1}/_{2}$ Stunde, es wurde wieder Luft eingelassen, jedesmal so der Druck um 25^{mm} vermehrt, 10^{m} gewartet, nach dem Klopfen abgelesen und so fort.

Die nachfolgende Tabelle gibt die Resultate von 10 Aneroiden. Die Köpfe der Spalten enthalten die Nummer der Aneroide und ihren Durchmesser in englischen Zollen.

Die Zahlen der Columnen stellen die Stände der Aneroide gegen ein Quecksilberbarometer in Millimetern dar und zwar ist die obere Zahl stets der Stand bei niedersteigender, die untere bei aufsteigender Bewegung des Druckes.

---

1) Man vergleiche die Beobachtungen auf Seite 229.

Stewart's Luftpumpen-Experimente 1868.

Barometer-Stand	Standcorrectionen der Aneroide. Die oberen Zahlen bei Verminderung des Druckes, die unteren beim wieder Zulassen der Luft.											
	Nr. 8 4½ inch.	Nr. 9 4½ inch.	Nr. 8 4½ inch.	Nr. 9 4½ inch.	Nr. 10 2½ inch.	Nr. 11 2¾ inch.	Nr. 12 2 inch.	Nr. 13 2 inch.	Nr. 14 4½ inch.	Nr. 15 4 inch.	Nr. 16 2½ inch.	Nr. 17 2 inch.
762,0	− 2,5	− 3,1	− 3,3	− 2,3	− 3,8	− 2,8	− 3,3	− 11,9	− 1,0	?	− 1,3	?
	0,0	+ 0,8	+ 1,5	+ 1,8	+ 1,5	− 0,8	0,0	− 4,8	+ 1,5	+ 0,3	+ 1,0	+ 3,8
736,6	− 2,5	− 4,3	− 4,1	− 3,1	− 3,8	− 5,1	− 4,8	− 11,2	− 2,5	− 2,8	− 3,1	− 2,5
	+ 1,8	+ 0,8	+ 2,3	+ 1,8	+ 2,3	− 1,3	+ 0,5	− 4,1	+ 1,8	+ 0,8	+ 0,8	+ 5,1
711,2	− 3,1	− 4,3	− 3,8	− 2,5	− 3,8	− 5,3	− 4,8	− 10,2	− 2,0	− 3,8	− 2,5	− 1,3
	+ 2,5	+ 1,5	+ 2,5	+ 2,5	+ 3,1	− 0,5	+ 1,5	− 1,5	+ 2,8	0,0	+ 1,5	+ 7,4
685,8	− 2,5	− 4,3	− 3,1	− 1,8	− 3,1	− 5,6	− 4,6	− 9,1	− 0,8	− 3,8	− 2,5	+ 0,5
	+ 3,6	+ 2,5	+ 3,6	+ 3,3	+ 4,3	− 0,8	+ 1,3	0,0	+ 3,8	+ 0,3	+ 1,8	+ 9,4
660,4	− 2,5	− 4,1	− 3,1	− 1,8	− 2,0	− 5,6	− 3,3	− 10,7	− 0,3	− 3,6	− 1,5	+ 2,0
	+ 3,8	+ 2,5	+ 4,8	+ 4,3	+ 4,8	0,0	+ 3,1	0,0	+ 4,1	+ 0,8	+ 2,5	+ 11,2
635,0	− 1,5	− 4,6	− 1,8	− 1,8	− 1,5	− 4,8	− 2,5	− 8,9	− 0,8	− 3,1	− 0,5	+ 3,3
	+ 4,8	+ 2,8	+ 5,6	+ 3,8	+ 5,6	+ 0,5	+ 3,6	0,0	+ 4,1	+ 0,8	+ 3,3	+ 11,7
609,6	− 1,8	− 4,3	− 1,8	− 2,0	− 3,3	− 4,1	− 3,1	− 8,6	+ 0,3	− 1,3	+ 0,8	+ 4,6
	+ 5,1	+ 2,8	+ 6,1	+ 3,8	+ 6,1	+ 1,5	+ 3,6	0,0	+ 3,3	+ 2,0	+ 3,1	+ 12,5
584,2	0,0	− 3,6	− 1,0	− 2,0	− 0,8	− 3,8	− 2,8	− 8,4	− 0,5	+ 0,3	+ 1,0	+ 7,1
	+ 5,8	+ 2,3	+ 6,9	+ 3,6	+ 5,1	+ 2,0	+ 3,8	0,0	+ 1,0	+ 2,3	+ 2,5	+ 12,2
558,8	+ 1,0	− 2,5	+ 0,3	− 1,5	0,0	− 3,8	− 1,3	− 7,4				
	+ 5,8	+ 2,8	+ 6,4	+ 3,1	+ 5,3	+ 2,8	+ 6,1	+ 0,3				
533,4	+ 1,8	− 1,0	+ 0,8	− 0,8	+ 1,5	− 3,1	+ 0,5	− 6,6				
	+ 5,3	+ 2,8	+ 6,6	+ 4,1	+ 5,1	+ 2,3	+ 6,1	0,0				
508,0	+ 3,1	+ 0,3	+ 2,3	0,0	+ 3,1	− 2,3	+ 2,0	− 4,6				
	+ 5,3	+ 2,5	+ 6,9	+ 4,1	+ 4,3	+ 1,8	+ 6,9	0,0				
482,6	+ 4,6	+ 1,3	+ 4,1	+ 1,3	+ 3,8	− 1,5	+ 1,8	− 3,3				
	+ 4,6	+ 1,3	+ 6,4	+ 3,3	+ 4,3	+ 2,8	+ 6,6	− 1,3				

Stewart bemerkt dazu ganz ausdrücklich, dass die Schnelligkeit der Druckvariationen dem Aufsteigen in einem Luftballon oder dem Absteigen von einem Berge entspricht. Nach dem Luftpumpenexperimente wurden die Instrumente unter Atmosphärendruck abgelesen und zwar sofort, dann 18h, 48h, 3 Tage und 3 Wochen nachher. Es sind dies Versuche über die elastischen Nachwirkungen der Feder, von deren Grösse und bedeutendem Einfluss die nachfolgende Tabelle spricht.

Stewart's Luftpumpen-Versuche 1868.

Beobachtungen über die durch die Luftpumpen-Versuche hervorgebrachten elastischen Nachwirkungen.

10 Aneroide zeigten einen Stand gegen Standard-Barometer bei folgenden Vergleichungen:	Nummern der Aneroide und Grösse									
	Nr. 8 4 1/2 inch.	Nr. 9 4 1/2 inch.	Nr. 8 4 1/2 inch.	Nr. 9 4 1/2 inch.	Nr. 10 2 1/2 inch	Nr. 11 2 3/4 inch.	Nr. 12 2 inch.	Nr. 13 2 inch.	Nr. 14 4 1/2 inch.	Nr. 16 2 1/2 inch.
	m/m	m/m	m/m	m/m	m/m	m/m	m/m	m/m	m/m	m/m
Vor dem Luftpumpen experim.	− 2,5	− 3,1	− 3,3	− 2,8	− 3,1	− 2,8	− 3,3	− 11,9	− 1,0	− 1,3
sofort nach demselben	0,0	+ 0,8	+ 1,5	+ 1,8	+ 1,5	− 0,8	0,0	− 4,6	+ 1,5	+ 1,0
18 Stunden nachher, bei dem gewöhnlichen Atmosphärendruck	− 1,8	− 0,8	+ 1,0	+ 0,5	—	− 2,5	− 1,8	− 8,6	+ 0,3	+ 0,3
48 "	− 2,0	− 1,0	—	—	− 0,8	—	—	− 9,4	—	—
8 Tage	− 2,0	− 1,3	—	—	—	—	—	—	− 0,3	− 0,3
3 Wochen	− 3,3	− 2,5	—	—	− 2,8	—	—	—	− 1,8	− 1,5

Um nun auch die Erscheinungen beim Besteigen eines Berges zu erforschen, wurden die Aneroide 8 und 9 wieder unter die Luftpumpe gebracht, aber der Druck nur um 12^{mm} jedesmal vermindert und dann 30 Minuten gewartet. Die Resultate dieser Untersuchung nur für abnehmenden Druck zeigt folgende Tabelle.

Stewart's Luftpumpen-Experimente 1868.

Versuche über die Erscheinungen, die beim Besteigen eines Berges eintreten würden, nachgeahmt (?) durch die Schnelligkeit des Auspumpens.

Barometer-Stand	Correctionen der Aneroide			Barometer-Stand	Correctionen der Aneroide	
	Nro. 8	Nro. 9			Nro. 8	Nro. 9
	m/m	m/m			m/m	m/m
762,0	0,0	0,0		609,6	+ 1,3	− 0,3
736,6	0,0	− 1,0		584,2	+ 2,8	− 0,8
711,2	0,0	− 0,8		558,8	+ 3,6	0,0
685,8	—	—		533,4	+ 4,3	+ 1,0
660,4	+ 0,3	− 0,5		508,0	+ 5,6	+ 1,8
635,0	+ 1,3	− 1,0		482,6	+ 6,9	+ 2,8

Es ist aus allen diesen Versuchen gefolgert worden, dass die Aneroide bei aufsteigender Bewegung eine andere Function der Standcorrection haben, als bei niedersteigender und man hat dies um so mehr schliessen zu müssen geglaubt, als die Versuche scheinbar dem Absteigen vom Berge und dem Aufsteigen im Ballon entsprachen. Diese Uebereinstimmung in der Behandlung der Instrumente ist aber nur scheinbar. Die Luft wurde verdünnt um 1″ und dann erst 10^m gewartet, so war die Druckänderung in wenig Secunden erfolgt, während beim Absteigen vom Berge dieselbe Druckänderung langsam während 10^m stattgefunden haben würde. Die Folge von diesen schnellen Druckänderungen ist nothwendig eine starke Aenderung in der Molekularbeschaffenheit der Feder, die sich in 10^m nicht soweit ausgleicht, dass die Ablesungen am Aneroid zuverlässig sein können. Eine langsame stetige Zunahme, wie beim Bergsteigen, kann bei weitem nicht die elastischen Nachwirkungen erzeugen, als dieses stossweise Evacuiren. Welche Resultate das scheinbare Nachahmen des Bergbesteigens in dieser Beziehung haben würde, ist leider aus den Beobachtungen nicht zu ersehen, da nur bei abnehmendem Druck beobachtet wurde; die Zunahme des Standes zeigt aber hier eine ziemliche Regelmässigkeit.

Dass die Instrumente bei diesen Versuchen durchaus nicht analog ihrer practischen Verwerthung geprüft worden sind, sieht man auch sofort aus der Tafel, auf der die Beobachtungen über elastische Nachwirkungen enthalten sind.

Von Interesse ist noch die Angabe der Standänderung eines dem Capitain Toynbee gehörigen Aneroides; es zeigte dieses folgende Stände gegen Standardbarometer:

1860 Juli	+ 0,64^{mm}	bei derselben Temperatur. Das Aneroid hat während 4 Jahre seine Correction sehr gut gehalten.
1862 September	+ 0,30^{mm}	
1864 März	+ 0,51^{mm}	

Stewart ist mit den Leistungen der Aneroide zufrieden, wenn auch die Redaction der „Fortschritte der Physik“ mit Recht bemerkt, dass man nach den Zahlen der Untersuchung sich mit den Leistungen des Instrumentes als nicht befriedigt erklären müsse.

Dagegen verdammt J. Lovering das Aneroid vollständig und zwar auf Grund der Prüfung eines Instrumentes im Jahre 1849. Die Abhandlung ist enthalten im

The American Journal of Science and Arts by Silliman (II) vol. IX 1850.

„Remarks on the Aneroidbarometer by Prof. J. Lovering of Harvard University.“

Lovering erwähnt zunächst eine Prüfung eines Aneroids von einem Freunde des Mr. Lloyd, welcher über diese Versuche der british Association berichtet. Die Experimente wurden unter der Luftpumpe angestellt und es ergab sich, dass das Aneroid mit dem Manometer der Pumpe innerhalb 0,25^{mm} übereinstimmte (the indications of the aneroid corresponded to those of the pumpgauge to within 0,01 of an inch). Grösse der Depression nicht bekannt ebenso die Zahl der Versuche.

Die Versuche, welche Lovering mit dem Aneroid Nr. 1265 von Lerebours und Secretan, Paris, dessen nähere Beschreibung fehlt, welches aber eine Temperaturcorrection von 0,05^{mm} pro 1^{0} Fahrenheit besass, anstellte, sind dreierlei.

Das Aneroid wurde unter der Luftpumpe evacuirt und zwar, wie es scheint, schnell auf das Minimum des Druckes gebracht; dann wurde nach und nach Luft eingelassen, so dass die Zunahme des Druckes jedesmal ungefähr 1″ (25^{mm}) betrug, worauf die Ablesungen erfolgten. Die Druckverminderung betrug im Maxim. 23 inches = 584^{mm}; in welcher Zeit das Instrument dieselbe erreichte, ist nicht angegeben. Bei einer solchen Misshandlung des Instrumentes, die auf den Namen eines wissenschaftlichen Verfahrens keinen Anspruch machen kann, ist es kein Wunder, wenn die Standcorrectionen bei jeder der vier Evacuationen so verschieden sind, dass ein Verdammungsurtheil vollständig gerechtfertigt erscheint.

Das Instrument scheint trotzdem nicht schlecht gewesen zu sein, da die Standcorrectionen bei geringer Verminderung des Druckes wenig von einander abweichen, aus denen sich aber zugleich schliessen lässt, dass die Standcorrection sehr stark mit abnehmendem Druck zunimmt.

Aus dem Mittel der Werthe bei den vier Versuchen würde ungefähr folgen:

Stand	Correction
30 inches	0,0^{mm}
29 „	— 2,2
28 „	— 4,3^{mm}
27 „	— 5,1
26 „	— 7,4^{mm}
„ „	„

Dies sind also pro 1″ = 25mm Druckänderung, 2,0mm Aenderung in der Standcorrection.

Lovering vergleicht nun das Aneroid mit einem Quecksilberbarometer bei Atmosphärendruck; die Druckschwankung während 28 Tagen geht etwas über 25mm, er bringt keine Standcorrection an und wundert sich dann, dass die Abweichungen der einzelnen Differenzen zwischen Aneroid und Barometer von ihrem Mittel bis zu 1,8mm gehen; er bemerkt ganz ausdrücklich, dass das Aneroid corrected for temperature, das Mercurial corrected for temperat., level and capillarity.

Das Mittel der Barometerstände, bei denen die negativen Abweichungen vorkommen, liegt auch um 4,2mm tiefer, als das der Stände bei den positiven Abweichungen.

Ich kann nicht begreifen, warum Lovering erst die Function der Standcorrection untersucht, dann dieselbe bei den Vergleichungen des Aneroides mit dem Barometer nicht in Rechnung gebracht hat, trotzdem aus seinen Versuchen den Satz schroff hinstellt, wie er auch in den „Fortschritten der Physik" ausgesprochen ist: „Bei Beobachtung in freier Luft sind die Bewegungen nicht sehr regelmässig." Dass sein Instrument nicht schlecht gewesen ist, zeigen folgende Versuche über die Aenderung der Standcorrection nach starkem Auspumpen; es betrug

nach Depression	die Standänderung
130mm	— 0,4mm
130mm	+ 1,3
127	— 0,4
230	+ 2,5
130	+ 0,5
230	0,0
410	— 1,0
460	— 0,2
510	— 0,2
560	— 3,0

So glaube ich dargelegt zu haben, dass die Arbeit von Lovering,

abgesehen davon, dass dieselbe schon 1849 vorgenommen, durchaus nicht im Stande ist, irgend etwas für oder gegen das Aneroid zu beweisen.

Zu beiden Arbeiten ist nun noch zu bemerken, dass die Versuche mit Instrumenten angestellt sind, deren nähere Beschreibung fehlt und die sollte in jeder Schrift über Aneroide angegeben sein. Die Versuche von Stewart wurden mit englischen Instrumenten angestellt, Stewart erwähnt nur, seine Instrumente rührten von den besten Mechanikern her, man kann aber aus der Arbeit nicht ersehen, ob die Instrumente Bourdon's oder Vidi's Construction besassen.

Es bleibt nun noch eine grössere Arbeit zu erwähnen und es ist dies das Werk von Josef Höltschl

„Die Aneroide von Naudet und Goldschmid, ihre Einrichtung, Theorie, ihr Gebrauch und Leistungsfähigkeit." Wien 1872. Beck'sche Universitätsbuchhandlung.

Es ist traurig, wenn man sieht, wie ein Mann sich viel Mühe um die Erforschung der Aneroide gegeben hat und doch zu Resultaten gekommen ist, die man absolut nicht gebrauchen kann. Die Arbeit ist mit einer so unangenehmen Breite, einem Schwulst von Worten und Bezeichnungen geschrieben, dass jeder nur einigermaassen gebildete Leser sie mit Widerwillen liest. Höltschl ist gegen das Luftpumpenexperiment, erstens weil der Herr Freiherr von Wüllerstorf-Urbair dagegen ist und für die Aneroide Nachtheile fürchtet. Man kann ihm darin nur beistimmen wenn man unter Luftpumpenexperimenten Versuche mit der gewöhnlichen Kolbenluftpumpe versteht.

Aber lächerlich ist der Grund, den er anfangs immer geheimnissvoll andeutet und der endlich auf Seite 219 gross und gesperrt gedruckt erscheint:

„Jetzt können wir aber das Hauptargument aussprechen, warum wir die Scala-Untersuchungen der Aneroide auf dem Wege der Luftpumpenexperimente perhorresciren."

Dieser Grund ist nun die Aenderung der Differenz-Aneroid-Barometer mit der Aenderung der Schwerkraft. Diese ist aber sehr un-

schädlich, da man die Grösse dieser Aenderung sehr scharf berechnen kann. Um nun diese Correction nicht anzubringen, (die beiden Höhen, welche Höltschl erreichte höchstens 0,3^{mm} betragen, welche also eine Höhe von 1500^{m} um 3^{m} falsch geben würde,) setzt Höltschl sehr zweckmässig die Aneroide den schlimmen Einflüssen einer Eisenbahnfahrt aus, liest bei sehr verschiedenen Temperaturen ab, welche die Instrumente gar nicht haben, stolpert über Steine, eilt mit Gepolter den Berg herunter, um einem Gewitter zu entgehen. Dabei haben nun zwar die Aneroide Standänderungen bis zu einem Millimeter erfahren, aber Herr Höltschl hat sie doch theoretisch richtig geprüft.

Vollständig unverständlich ist die geheimnissvolle Andeutung der Einwirkung des Erdmagnetismus. Herr Höltschl würde gewiss der Wissenschaft einen grossen Dienst leisten, wenn er sich etwas näher darüber erklärte.

Von Zahlenmaterial, welches so zu Gunsten der Aneroide spricht, dass man dasselbe als sicheres Zukunftspraecisionsinstrument hinstellen könnte, findet man nun auch in dem dicken Höltschl'schen Werke sehr wenig. Höltschl spricht von 400 Gebirgsexcursionen, welche er durchgemacht; anstatt nun alles Zahlenmaterial zu einem Ganzen zu verarbeiten und so die Gegner der Aneroide durch die Wucht der Thatsachen zu erdrücken, theilt er die Beobachtungen an 17 Aneroiden auf 5 Excursionen mit. Man muss annehmen, dass er dabei die besten Beobachtungen mitgetheilt hat. Sehen wir uns die Excursionen näher an, so finden wir:

Excursion I. 4 Aneroide — Maxim. der Druckverminderung 102^{mm} — Standänderungen[1]) + 0,54^{mm} + 0,62^{mm} + 1,04^{mm} + 0,06^{mm} — Beobachtungen bergauf differiren stark von denen bergab — Eisenbahnfahrt, falsche Temperaturen wegen schlechten Wetters.

„ II. 2 An. — Max. d. Druckverm. 110^{mm} — Standänderungen + 0,47^{mm}; + 0,41^{mm} Beobachtungen bergauf und bergab differiren sehr stark — grosse Ueberstürzung, rapid über Stock und Stein, Eisenbahnfahrt.

1) Standänderung ist die Aenderung des Aneroides gegen das Barometer, bestimmt nach dem Zurückkehren von der Excursion, an demselben Ort, derselben Temperatur und Luftdruck.



Excursion III. 4 An. — M. d. D. 33mm — Standänderungen — 0,02mm +0,07 0,00 +0,02 — bergab nicht beobachtet — Correctionen überschreiten 0,2mm nicht.

„ IV. 5 An. — M. d. Dr. 25mm — Standänd. +0,18mm +0,29 +0,21 +0,06 — 0,05. Bergab nicht beobachtet — Correct. überschreiten 0,2mm nicht.

„ V. 2 An. — M. d. Dr. 32mm — Standänd. +0,14mm, +0,49. Bergab nicht beobachtet, Correctionen gross, Gewitter und Sturm.

Fassen wir die Resultate zusammen, so haben von 6 Aneroiden, welche einer Druckschwankung von über 100mm ausgesetzt waren, vier bergauf und bergabwärts ganz andere Functionen der Standcorrection ergeben; 5 Aneroide sind mit grossen Standänderungen zurückgekommen und nur ein einziges hat sich bewährt. Bei beiden Excursionen solle Eisenbahnfahrten und schlechtes Wetter schuld sein. Was spricht nun hier für die Aneroide? Sind das die einzigen Expeditionen auf hohe Berge, oder haben diese die besten Resultate gegeben, während die anderen noch schlechter ausfielen?

Die Excursionen III, IV und V sind vollständig überflüssig; um Druckänderungen von 33mm zu beobachten, kann man ruhig zu Hause bleiben und die Instrumente in ruhiger Lage recht fleissig unter sich und mit Quecksilberbarometer vergleichen. Man hat dann den Vortheil, dass man die regelmässigen Standänderungen mit beobachtet und dass die Resultate von den Einflüssen der Bewegung frei sind.

Ueberdies ist bei den letzten Excursionen nur bergauf beobachtet und kein einziges der 17 Instrumente ist mehrmals mitgenommen worden, was doch für eine sorgfältige Prüfung unumgänglich nothwendig ist. Das einzige Angenehme der letzten drei Excursionen ist die geringe Standänderung. Wir sehen, dass das Höltschl'sche dicke Buch sehr mager auch in seinen positiven Grundlagen ausgefallen ist.

Ueber die Zweckmässigkeit und Richtigkeit der Höltschl'schen Theorie und des practischen Theiles seines Buches will ich mich nicht aussprechen und erwähne nochmals ausdrücklich, dass ich nur die Prüfung der Nandetaneroide im Auge gehabt habe.

Ich habe endlich noch die Arbeit von Wild in dem von ihm redigirten Repertorium für Meteorologie Bd. II. Heft 1: „Ueber einen Ersatz des Quecksilberbarometers für Reisen und schwer zugängliche Stationen" zu erwähnen.

Zu dieser Arbeit ist die Correctionsformel auf eine einfache Art und vollständig aufgestellt. Die Experimentaluntersuchungen beziehen sich auf Goldschmid's Aneroide und die kleinen Tascheninstrumente von Negretti und Zambra. Von den grössern Instrumenten gewöhnlicher, also wohl Naudet'scher Construction, welche von Mechaniker Richter in Petersburg geliehen, hat Wild mehrere untersucht und ist zu den Resultaten gekommen Seite 80:

2) „Diese Aneroide sowohl (Goldschmid), wie solche gewöhnlicher Construction (Naudet) können, wenn sie vorher verificirt worden sind, bis zu einer $\pm$ 0,2^{mm}[1]) kaum übersteigenden Fehlergrenze die Variationen des Barometerstandes an ein und demselben Orte genau bestimmen lassen, also, da dies auch ungefähr die Fehlergrenze der gewöhnlichen Barometer-Beobachtung repräsentirt, vollständig in dieser Beziehung ein Barometer ersetzen."

Diesem Resultat gegenüber ist es unbegreiflich, warum Wild auf der Meteorologenversammlung mit so wenig Energie dem Urtheil der Mehrheit entgegengetreten ist, und so stillschweigend die Richtigkeit der ausgesprochenen Ansichten anerkannt hat, während es sich doch in der erwähnten Abhandlung ganz ohne Rückhalt für die Verwendbarkeit des Aneroides auf festen Stationen an Stelle des Quecksilberbarometers ausspricht.

Was nun die Genauigkeit der verschiedenen Arten von Barometern betrifft, so findet man noch weniger positive Angaben. Wirkliche Beobachtungsreihen in dieser Beziehung scheinen gar nicht angestellt worden zu sein. Das einzige was man hier und da findet, ist die Angabe des wahrscheinlichen Fehlers der Ablesung an einem Instrument. Es hat der wahrscheinliche Fehler aber hier nicht viel Werth, je grösser die Zahl der Beobachtungen, um so kleiner wird

[1]) Man sehe meine Resultate weiter hinten.

dieselbe werden; was Werth hat ist die Grösse der Abweichungen die vorkommen und die Anzahl des Vorkommens der verschiedenen Abweichungen unter hundert Beobachtungen. Eine sorgfältige und redliche Beantwortung unserer Frage würde aber unter allen Umständen eine gründliche Prüfung, also eine längere Zeit fortgesetzte Vergleichung verschiedener Barometer unter sich und mit einem sorgfältig construirten Normalbarometer verlangen und es müsste die Unterlassung als eine wissenschaftliche Nachlässigkeit bezeichnet werden.

Dem Barometer hat man entschieden zuviel vertraut und lässt sich jetzt noch verleiten, einem in seinem Aeusseren gut ausgestatteten Instrumente das grösste Zutrauen zu schenken. Wie es mit der Genauigkeit der Barometerablesungen steht wird man aus meinen Vergleichungen eines Greiner'schen Heberbarometers mit Mikroskopeinstellung und eines Poller mit Fadendiopter und doppelter Noniusablesung ersehen. Ich will diese Beobachtungen nicht als mustergültig hinstellen und werde, um dieselbe Erscheinung an anderen Barometern nachzuweisen, auch Beobachtungen von Prof. Dr. Wolf in Zürich mittheilen.

Dem Aneroid ist nun Standänderung auf der Reise vorgeworfen worden, es soll folglich eine Vergleichung mit dem Normalbarometer unnütz machen, weil sich auf dem Transport dann die Correction ändern würde. Das mag nun viel für sich haben, lässt sich aber sofort unschädlich machen, wenn man das Aneroid mit dem Normalbarometer transportirt und an Ort und Stelle vergleicht. Die Quecksilberbarometer scheint man ganz frei von diesen Fehlern zu halten; dass dies doch nicht so ganz a priori hinzustellen ist, werden folgende Zahlen beweisen. In dem „Ersten Reisebericht der ständigen Commission für die Adria 1869“ findet man Vergleichungen von vier Kapellerbarometern mit den Normalbarometern in Modena, Florenz, Rom und Ancona, ausgeführt von dem Herrn Dr. C. Jelinek, Director der k. k. Centralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus in Wien.

Gleichzeitige Ablesungen an vier Kapellerbarometern, deren Stand gegen das Wiener Normalbarometer genau bestimmt, behufs ihrer Vergleichung mit den Barometern in Modena, Florenz, Rom und Ancona, im Jahre 1869 ausgeführt von Dr. C. Jelinek, Director der k. k. Centralanstalt für Meteorologie etc. in Wien.

Datum und Ort	Ablesungen an den Barometern auf const. Temper. und Wiener Normal-instr. reducirt				Abweichungen d. einzelnen Beobachtungen von den Mitteln. Barometerschwankungen				Horizont. Mittel der Schwankungen	Abweichungen der Barometerschwankungen von d. horizontalen Mittel				Maximal-Differenz zwischen den Barometern	Barometer
	Nro. 1	Nro. 2	Nro. 3	Nro. 4	Nro. 1	Nro. 2	Nro. 3	Nro. 4		Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4		
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	Nro.
Modena April 23	754,41	754,43	753,96	754,24	— 4,13	— 4,16	— 4,22	— 4,01	— 4,13	0,00	0,03	0,09	0,12	0,47	2—3
	54,34	54,40	53,99	54,34	— 4,20	— 4,19	— 4,19	— 3,91	— 4,12	0,08	0,07	0,07	0,21	0,39	2—3
	54,28	54,33	53,89	54,18	— 4,26	— 4,26	— 4,29	— 4,07	— 4,22	0,04	0,04	0,07	0,15	0,44	2—3
Florenz April 25	759,54	760,00	759,13	759,27	+ 1,00	+ 1,41	+ 0,95	+ 1,02	+ 1,09	0,09	0,32	0,14	0,07	0,87	2—3
	59,69	59,94	59,31	59,35	+ 1,15	+ 1,35	+ 1,13	+ 1,10	+ 1,18	0,03	0,17	0,05	0,08	0,63	2—3
	59,91	59,91	59,48	59,49	+ 1,37	+ 1,32	+ 1,30	+ 1,24	+ 1,31	0,06	0,01	0,01	0,07	0,43	2—3
Rom April 29	759,59	759,62	759,31	759,23	+ 1,05	+ 1,03	+ 1,13	+ 0,98	+ 1,05	0,00	0,02	0,08	0,07	0,39	2—4
	59,56	59,61	59,24	59,21	+ 1,02	+ 1,02	+ 1,06	+ 0,96	+ 1,02	0,00	0,00	0,04	0,06	0,40	2—4
	59,60	59,58	59,24	59,22	+ 1,06	+ 0,99	+ 1,06	+ 0,97	+ 1,02	0,04	0,03	0,04	0,05	0,38	1—4
Ancona Mai 5	760,43	760,34	760,12	760,06	+ 1,89	+ 1,75	+ 1,94	+ 1,81	+ 1,85	0,04	0,10	0,09	0,04	0,37	1—4
	60,59	60,43	60,23	60,23	+ 2,05	+ 1,84	+ 2,05	+ 1,98	+ 1,98	0,07	0,14	0,07	0,00	0,36	1—4
	60,50	60,47	60,24	60,24	+ 1,96	+ 1,88	+ 2,06	+ 1,99	+ 1,97	0,01	0,09	0,09	0,02	0,26	1—3
Mittel =	758,54	758.59	758,18	758,25											

Jelinek gibt ausdrücklich an, dass an den sämmtlichen Ablesungen der Kapeller, die durch Vergleichung mit dem Normalbarometer in Wien erhaltenen Correctionen angebracht seien und vereinigt auch, um die Correction der italienischen Instrumente zu finden, die sämmtlichen Ablesungen der Kapeller, natürlich an demselben Ort und derselben Zeit, zu dem Mittel. Würden nun die Correctionen der Kapellerbarometer sich nicht geändert haben, so müssten die Mittel aus den zwölf Ablesungen an jedem Instrumente, da die vier Beobachtungen horizontal gleichzeitig sind, vollständig übereinstimmen, ebenso wie die Ablesungen horizontal übereinstimmen sollten. Die Mittel aus den Beobachtungen an jedem Instrumente sind aber

758,54^{mm} 758,59^{mm} 758,18^{mm} 758,25^{mm}.

Diese Zahlen zeigen, dass die Barometer Nr. 3 und Nr. 4 entschieden ihre Correction geändert haben und zwar Nr. 3 um 0,4 Millimeter.

Die Differenzen zwischen der höchsten und tiefsten Angabe der gleichzeitig abgelesenen vier Instrumente, welche in der letzten Columne stehen, erreichen auch eine ziemliche Grösse. Der Name des Herrn Beobachters schliesst die Annahme eines Versehens und eines Mangels an Geschick der Barometerablesungen aus, so dass die Abweichungen doch wohl einer Aenderung der Stände der Quecksilberbarometer zuzuschreiben sind.

Ich glaube durch diese Beobachtungen die Nothwendigkeit, das absolute Vertrauen auf die Unfehlbarkeit der Quecksilberbarometer etwas zu beschränken, nachgewiesen zu haben.

Ich komme nun zu der Besprechung meiner eigenen Beobachtungen. Zunächst kann ich einige Daten über die Standänderung zweier der von mir gebrauchten Aneroide angeben, indem die Correctionen betrugen:

Aneroid Nr. 1	Standcorrection	=	+ 0,07^{mm}	1870	October.
			+ 0,30^{mm}	1872	März.
„ „ 4	„	=	− 0,26^{mm}	1871	„
			− 0,60^{mm}	1872	„

In den Jahren 1870—1872 führte ich im Auftrage des Herrn Prof. Dr. C. Bruhns, Director der Sternwarte in Leipzig, barometrische Höhenmessungen aus. Diese Messungen, veranlasst vorzüglich von

Aerzten, hatten den Zweck, auf möglichst einfache Weise die Höhenlage sämmtlicher bewohnten Orte in Sachsen zu bestimmen. Nebenbei wurden auch die wichtigeren Erhebungen und sich irgendwie auszeichnende Puncte mit aufgenommen. So wurden die Höhen in den Sectionen Pegau, Markranstädt, Leipzig und Grossenhayn der kleinen sächsischen Generalstabskarte bestimmt und sind zum Theil in den: Resultaten aus den meteorologischen Beobachtungen in Sachsen von Dr. C. Bruhns, vom VI. Jahrgang an veröffentlicht. Die Messungen wurden eingestellt, da in Sachsen ein vollständiges Nivellement durch den Generalstab nun in Angriff genommen wird. Die Höhenmessungen wurden nun mit Aneroiden vorgenommen und nach dem Modus verfahren, wie er in den obgengenannten Publicationen von Bruhns beschrieben ist und der hier nicht weiter in Betracht kommt. Wesentlich aber ist, dass stets zwei Aneroide an derselben Station zugleich beobachtet wurden. Die Zahl der Ablesungen an einem Tage schwankt von 5—35 und ich erhielt im Laufe von 124 Tagen gegen 2500 gleichzeitige Ablesungen von zwei Aneroiden. Es wurden so sechs Aneroide in verschiedenen Combinationen mit einander verglichen. Ich werde die Instrumente in dem Folgenden mit fortlaufenden Nummern bezeichnen und zwar:

Nr. 1. Aneroid von Naudet mit Linientheilung und der Nr. 34854.
„ 2. „ „ Goldschmid mit Temperatur-Compensation (?).
„ 3. „ „ Naudet, Millimetertheilung, vollständig geschlossen.
„ 4. Aneroid von Naudet, Millimetertheilung, Nr. 37936.
„ 5. „ „ „ Linientheilung, Nr. 34381.
„ 6. „ „ „ Millimetertheilung, ohne Nummer, ohne Stellzeiger und ohne Wetterscala, 1872 ganz neu von Schadewell in Dresden bezogen.

Die sämmtlichen Instrumente gehören der Leipziger Sternwarte. Die Naudet-Aneroide finden sich beschrieben im Repert. Bd. III. S. 54.

Ich bekam so folgende Beobachtungen:

Nr. 1 und Nr. 2	617	Vergleichungen
„ 1 „ „ 3	147	„
„ 1 „ „ 4	813	„
„ 1 „ „ 6	296	„
„ 4 „ „ 5	282	„

Das Messverfahren in der Section Grossenhayn machte es möglich, auch vier Aneroide mit einander zu vergleichen. Es wurden so die Aneroide Nr. 1 und Nr. 6 von mir, die Aneroide 4 und 5 von Herrn stud. Helm gleichzeitig an demselben Ort beobachtet und wir erhielten 95 Vergleichungen der Aneroide Nr. 1, 4, 5 und 6.

Ferner verglich ich die Aneroide Nr. 1 und Nr. 3 mit einem allerdings nicht besonders guten Heberbarometer von Poller in 96 Beobachtungen, die sich im Winter 1871 vom Jan. 30 bis Febr. 25 erstrecken.

Im Winter 1872 wurde Nr. 4 mit einem guten Greiner'schen Barometer, das der Königl. Höheren Gewerbschule gehört und dieses mit einem Normalbarometer verglichen. Ich bekam so 126 Vergleichungen.

Endlich sind die Aneroide Nr. 1, 4, 5 und 6 mit einem der Leipziger Sternwarte gehörigen Greiner'schen Heberbarometer in 36 Beobachtungen verglichen worden, während der Höhenmessungen in der Gegend von Grossenhayn.

I. Vergleichungen von zwei Aneroiden.

Bei den Höhenmessungen wurde, um Fehler zu vermeiden, das eine Instrument mit Linientheilung, das andere dagegen mit Millimetertheilung gewählt. Die Angaben der Linieninstrumente wurden nun zunächst in Millimeter verwandelt, nachdem an den Beobachtungen die nöthigen Temperaturcorrectionen angebracht waren, und dann die Differenzen bei jeder Station gebildet. Man bekommt so die Differenzen zwischen den Angaben der beiden Aneroide in Millimetern Quecksilbersäule, welche eine constante Grösse oder wenigstens eine Function der Zeit und des Luftdruckes darstellen sollen. Es wurden nun diese Differenzen für jeden Tag zu dem Mittel vereinigt und die Abweichung der einzelnen Beobachtungen von diesen Tagesmitteln berechnet.

Die Ergebnisse dieser Rechnungen findet man in den Tafeln I. bis VI. zusammengestellt. In jeder dieser Tafeln giebt die erste Columne das Datum der Beobachtung, die zweite die Zahl der Ablesungen, welche an diesem Tag gemacht worden und die dritte Columne die täglichen Mittel der Differenzen an. Die Köpfe der übrigen Columnen geben die Grösse der Abweichungen der einzelnen Beobachtungen vom Mittel und zwar in Intervallen von 0,05^{mm} an. Die Zahlen in den Spalten selbst stellen die Vertheilung der Abweichungen dar und zwar in Procenten. So würde z. B. Tafel I. August 21, von 100 Be-

obachtungen 8 die Abweichung 0,00^{mm} vom Mittel haben, 4 die Abweichung + 0,05^{mm} und ebensoviel — 0,05^{mm} besitzen etc. Denkt man sich die Grösse dieser Abweichungen als Abscissen aufgetragen, die Procente als Ordinaten, so würde man eine Curve bekommen, welche ein Bild von der Uebereinstimmung der beiden Aneroide an diesem Tage geben würde und die man also die **Praecisionscurve** nennen könnte. Ich werde diese Curve nun mit den Grundlagen, die zu ihrer Construction dienen, oder richtiger mit ihren Ordinaten identificiren und werde in Zukunft die Zahlen der Columnen 4 etc. die Praecisionscurven nennen.

Endlich findet man in den Tafeln den höchsten und tiefsten beobachteten Barometerstand angegeben und die Differenz zwischen beiden. Die Präcisionscurven der einzelnen Tage sind dann schliesslich in eine einzige zusammengezogen, die ein Bild über das Zusammengehen der beiden Aneroide während der ganzen Messungen gibt und neben der Präcisionscurve befinden sich Maximum und Minimum des Luftdruckes während dieser Messungen, sowie die Summe der ganzen Beobachtungen.

Ich will zunächst die Präcisionscurven der verschiedenen Combinationen in zusammengezogener Form kurz darstellen. Ich benutze dazu die Hauptpräcisionscurven der Tafeln I—VI, nehme aber die Abscissen in grösseren Intervallen und vernachlässige das Vorzeichen der Abweichungen. So erhalte ich

Resultate aus Vergleichungen von je zwei Aneroiden unter einander.

Aneroide	Präcisionscurve				Zahl der Beobachtungen
	$0 \div 0{,}1^{mm}$	$0{,}1^{mm} \div 0{,}2^{mm}$	$0{,}2^{mm} \div 0{,}3^{mm}$	$0{,}3^{mm} \div x$	
? Tafel I	55%	26%	12%	7%	236
Nr. 1 u. Nr. 2	44	28	14	14	617 (Goldschmid.)
„ 1 „ „ 3	67	26	4	3	147
„ 1 „ „ 4	60	26	10	4	813
„ 1 „ „ 6	81	16	3	—	296
„ 4 „ „ 5	59	28	10	3	282

Diese Tafel sagt also: „Wenn man z. B. mit den Aneroiden Nr. 1 und Nr. 6 gleichzeitige Beobachtung macht, die Differenzen

zwischen den Angaben beider bildet, daraus das Mittel nimmt und die Abweichungen der einzelnen Differenzen von dem Mittel berechnet, so zeigen von 100 Beobachtungen 81 eine Abweichung vom Mittel, die zwischen 0,0 und $\pm$ 0,1 liegt; 16 Beobachtungen weichen ab zwischen $\pm$ 0,1^{mm} $\div$ $\pm$ 0,2^{mm}, 3 zwischen $\pm$ 0,2 $\div$ $\pm$ 0,3^{mm}, aber grössere Abweichungen als $\pm$ 0,3^{mm} vom Mittel kommen unter 100 Beobachtungen nicht vor.

Uebersieht man die Resultate der Beobachtungen, wie sie in den Tafeln dargestellt sind, so findet man bei den Naudetaneroiden keine Abweichung, die über $\pm$ 0,5^{mm} hinausgeht.

Es macht dies in hohem Grade wahrscheinlich, dass die Aneroide, welche ich unter den Händen gehabt, nie eine grössere Abweichung als $\pm$ 0,25^{mm} von dem Stand gehabt haben, welchen sie durch den Luftdruck bedingt haben mussten. Diese Abweichung kommt aber sehr selten vor. So bin ich bei meinen Aneroiden zu dem Resultat gekommen, dass die besseren Naudetaneroide ihren durch den Luftdruck bedingten Stand innerhalb der Grenzen $\pm$ 0,2^{mm} mit sehr grosser Wahrscheinlichkeit einnehmen.

Die Aneroide gehen gut zusammen, dann mögen die Abweichungen des Aneroides vom Quecksilberbarometer noch so gross sein, das sind keine Fehler des Instrumentes, sondern es sind dies Grössen, die Funktionen des Luftdruckes und der Zeit sind, welche also als Correctionen an den Beobachtungen angebracht werden müssen. Gegen diese Schlüsse aus den Beobachtungen lassen sich allerdings noch Einwendungen machen. Es ist vielfach behauptet worden, dass die Aneroide nachgehen, dies würden allerdings Fehler sein, die die Gattung treffen und die recht gut bei zwei gleich gebauten Individuen gleich gross auftreten können.

Dann würden die Instrumente gut zusammengehen und trotzdem würden die Resultate sehr falsch sein können. Bei meinen Instrumenten nun scheinen die Nachwirkungen durchaus nicht so gross zu sein. Man wird finden, dass die Abweichungen um so grösser sind, je stärker die Druckvariation gewesen war und ich finde bei plötzlichen Steigungen des Terrains stets die grössten Abweichungen, die sehr wahrscheinlich dadurch entstehen, dass die Fehler der Instrumente verschiedene Vorzeichen haben.

Ueberhaupt sprechen gegen die Einflüsse der Trägheit, die vielfach geltend gemacht werden, und die allerdings, wenn sie sich nachweisen liessen, die Beurtheilung der Aneroide aus der Vergleichung zweier oder mehrerer derselben Art illusorisch machen würde, die Beobachtung über die ungemeine Empfindlichkeit dieser Instrumente, die jeder wahrnehmen konnte, der sich damit abgegeben und wie ich sie schon im Eingang dieser Abhandlung auseinander gesetzt habe. Sollten aber wirklich auch bei meinen Instrumenten Nachwirkungen stattgefunden haben, die Aneroide also bei schnellen Druckänderungen diesen Aenderungen nicht schnell genug gefolgt sein, sondern im Moment der zweiten Ablesung einen Stand gezeigt haben, der von dem durch den Luftdruck bedingten sehr verschieden ist, so wäre aus meinen Beobachtungen an 5 Naudet-Aneroiden zu schliessen, dass diese Nachwirkungen sich durch eine bestimmte Function der Druckschwankungen, der Zeit innerhalb welcher die Instrumente derselben ausgesetzt und der seit diesen Schwankungen verflossenen Zeit, ausdrücken lassen und dass diese Functionen für alle gleichartig gebaute Aneroide dieselbe ist.

Wenn dies nicht statt fände, so könnte man die gute Uebereinstimmung in der Bewegung der Aneroide sich nicht erklären, die doch in gegen 2000 Fällen beobachtet worden ist.

Ist man aber zu der Ueberzeugung gelangt, dass eine solche Function existirt, so wird man sie auch bestimmen können.

Einen merkwürdigen Contrast gegen die Uebereinstimmung der Beobachtungen an demselben Tage unter sich bilden die Tagesmittel. Die Tagesmittel aus den Naudetvergleichungen, wie sie Tafel I, III — VI in der dritten Columne sich finden, zeigen auf den Tafeln I, III, IV grosse Unregelmässigkeiten und manchmal sogar starke Sprünge. Man erkennt an ihnen sicher den Einfluss der Zeit und des mittleren Luftdruckes, dem sie an dem Tage ausgesetzt waren; trotzdem sind diese Einflüsse kaum ausreichend, um die ganzen Abweichungen zu erklären. Nur die letzten Beobachtungen Tafel V und VI, bei denen die Druckänderungen sehr gering sind, lassen eine schöne Uebereinstimmung der Tagesmittel erkennen.

Die Beobachtungen auf Tafel II stellen die Vergleichungen eines Naudet- mit einem Goldschmid'schen Aneroide dar. Goldschmid's Aneroid sollte compensirt sein gegen Temperatureinwirkungen, es hat sich aber hinterher herausgestellt, dass es dies nicht war. Ferner

wurde das Instrument im Laufe der Messungen unbrauchbar, was man auch sofort den wachsenden Tagesmitteln ansieht. Die Abweichungen vom Mittel der Differenzen sind aber trotzdem nicht so schlecht, als man es erwarten sollte.

Ich will dabei auch auf die Verhältnisse aufmerksam machen, unter denen diese Messungen angestellt worden sind und die den günstigen Resultaten noch mehr Gewicht geben.

Die In trumente wurden in einem Kasten getragen, dessen breite Seite horizontal lag, so dass die Instrumente stets in der Lage blieben, in der sie abgelesen wurden.

Den Kasten trug der Beobachter vor sich her und derselbe bildete so für ihn einen tragbaren Tisch. Sobald der Beobachter auf der betreffenden Station angekommen, zog er den Deckel des Kasten aus, klappte die Deckel des Aneroidetuis auf, las im Stehen ab und notirte die Beobachtungen, wobei der Kasten gleich als Schreibtisch diente. So dauerte die Beobachtung im Durchschnitt $5 \div 10$ Minuten. Denkt man sich nun im Frühjahr die kalten Morgen, während welcher die Aneroide tiefe Temperatur hatten, dann den Sonnenbrand über Mittag, Umstände, die auch im Sommer eine Schwankung der Temperatur der Aneroide von 20° C. nicht selten hervorbrachten; denkt man sich ferner die Einflüsse der Bewegung, das Schütteln auf Eisenbahnfahrten, die nicht zu umgehen wären, Springen über die Gräben etc., so wird man um so mehr davon überzeugt werden, dass die Aneroide, welche ich wenigstens unter den Händen gehabt, und die noch zum Theil ältere Instrumente, sogar das Eine sehr alt, waren, doch nicht so schlecht und unbrauchbar sind, als man ihnen bis jetzt nachsagte. Wenn aber die Aneroide sich bei beständig störenden äusseren Einflüssen so bewähren, so kann ich absolut keinen Grund finden, warum dieselben bei ruhiger Lage nicht noch bessere Resultate geben sollten.

Die Eisenbahnfahrten wurden soviel als möglich auf Beginn und Ende der Tagesmessungen verschoben; da dieselben schädlich sein sollen, ist es denkbar, dass diese Umstände die Variation der Tagesmittel hervorgebracht haben, während aus demselben Grunde die Beobachtungen des Tages über gut stimmen. Dabei will ich allerdings bemerken, dass die meisten Eisenbahnfahrten in die Beobachtungen der Tafel V und VI fallen, die wenigsten auf Tafel I und II, die Tagesmittel sich aber auf Tafel V und VI als am meisten constant zeigen.

II. Vergleichungen von vier Aneroiden.

Die Höhenmessungen in der Gegend von Grossenhain, welche von zwei Beobachtern mit vier Aneroiden ausgeführt wurden, verlangten, dass die Instrumente so oft als möglich mit einander verglichen wurden. Es wurden früh vor dem Ausmarsch, dann nach der eventuellen Eisenbahnfahrt, während der Messungen mindestens einmal zu Mittag, Abends nach dem Zusammentreffen, und wenn eine Eisenbahnfahrt dann vorkam, nochmals nach derselben die Vergleichungen vorgenommen.

Die Vergleichungen wurden nun nach folgendem Schema berechnet:

Beobachtungen an den Aneroiden auf constante Temp. red.				Abweichungen der einzelnen Beobachtungen von den zugehörigen Mitteln aus allen Beobachtungen an einem Instrumente				Horizontale Mittel aus Zahlen der vier nebenstehenden Columnen	Abweichungen der Zahlen der zweiten Abtheilung von ihrem horizontalen Mittel			
Nr. 1	Nr. 6	Nr. 4	Nr. 5									
a_1	b_1	c_1	d_1	$(a_1-a)=\gamma_1+x_1$	$(b_1-b)=\gamma_1+y_1$	$(c_1-c)=\gamma_1+z_1$	$(d_1-d)=\gamma_1+u_1$	γ_1	x_1	y_1	z_1	u_1
a_2	b_2	c_2	d_2	$(a_2-a)=(\gamma_2+x_2)$	$(b_2-b)=(\gamma_2+y_2)$	$(a_2-c)=(\gamma_2+z_2)$	$(d_2-d)=(\gamma_2+u_2)$	γ_2	x_2	y_2	z_2	u_2
a	b	c	d									

Verticale Mittel.

Man sieht, dass die Zahlen der zweiten Abtheilung die Abweichungen des Luftdruckes vom Mittel an jedem Instrumente gemessen enthalten; demnach sollten die vier Zahlen horizontal übereinstimmen, werden aber von einander verschieden sein. Das Mittel aus den vier horizontalen Zahlen der zweiten Abtheilung wird nun die Abweichung des Luftdruckes ziemlich sicher geben und man erhält, wenn man dieses Mittel mit γ bezeichnet, die Abweichungen x, y, z, u als die Fehler der einzelnen Instrumente.

Die Resultate, welche ich auf diese Weise erhielt, sind nun folgende:

Vergleichung von vier gleichzeitig abgelesenen Aneroiden mit ihrem Mittel.

Zahl der Beobachtungen 95 — Druckschwankung 11^{mm}.

Aneroid	Präcisionscurve				Wahrscheinlicher Fehler einer Ablesung
	0÷0,1 m/m	0,1÷0,2 m/m	0,2÷0,3 m/m	0,3÷0,4 m/m	m/m
Nr. 1 . . .	63%	31%	6%	—%	± 0,078
„ 6 . . .	81	18	1	—	± 0,060
„ 5 . . .	67	24	8	1	± 0,076
„ 4 . . .	61	33	6	—	± 0,078

Die wahrscheinlichen Fehler haben hier einen Sinn, da man die Mittel aus den Druckschwankungen als richtig ansehen kann. Die Formel, welche zur Berechnung der wahrscheinlichen Fehler diente, war

$$\varepsilon = \frac{\Sigma\Delta}{\sqrt{n(n-1)}} \cdot 0{,}845.$$

Bei diesen Beobachtungen können die Einflüsse der elastischen Nachwirkungen und der langsamen Temperatureinwirkungen, welche bei der Vergleichung von Aneroiden, die ganz gleichen Umständen ausgesetzt waren, von grossen Nachtheil sein können, nicht in Betracht kommen. Man wird dies aus folgendem sehen: Die Beobachter theilten sich in Barometer I und Barometer II, I hatte die Aufgabe auch die Nebenpuncte, also Bergspitzen etc. zu beobachten und war so in starker Bewegung, während II langsam sich bewegte, nur die Hauptstationen, also Dörfer und überhaupt bewohnte Gehöfte berührte. II musste so manchmal stundenlang auf demselben Ort bleiben und hatte nur die Aufgabe die Variation des Luftdruckes zu beobachten. So ist es vielfach vorgekommen, dass I von Höhen herabgekommen, wo es einer hohen Temperatur ausgesetzt war, während II auf kühlem Platze schon stundenlang in Ruhe war, als die Vergleichung vor sich ging. Die Instrumente waren so ganz verschiedenen Einflüssen ausgesetzt. Beobachtet man nun die Praecisionscurven, so findet man nur bei Nr. 5 eine Beobachtung, die über 0,3^{mm} hinaus fehlerhaft ist und man kommt zu genau dem Resultat, das schon bei der Vergleichung von zwei Aneroiden, aus einer bedeutend grösseren Anzahl von Beobachtungen sich ergeben hatte:

Die Naudetaneroide nehmen den durch den Luftdruck bestimmten Stand innerhalb der Grenzen ± 0,25mm sicher ein. [1])

III. Vergleichungen von Aneroiden mit Quecksilberbarometern.

Die Aneroide Nr. 1 und Nr. 3 sind schon ziemlich alte Instrumente von Naudet, von denen Nr. 1 noch ein gerades Thermometer hat, während Nr. 3 mit voller Deckplatte versehen war, so dass der Mechanismus vollständig verdeckt lag. Das Heberbarometer von Poller hatte zunächst eine sehr enge Röhre, die Theilung auf Holz und zum Einstellen Fadendiopter. Die Scala war fest und es mussten die Ständer beider Kuppen mit Nonien abgelesen werden.

Die Aneroide hingen an der Wand und wurden in diesen Stellungen abgelesen; da nun die Naudetaneroide zur Ablesung in horizontaler Lage der Zeiger eingerichtet sind, so wird diese Beobachtungsreihe den besten Aufschluss über den Einfluss der Lage geben. Die Beobachtungen selbst wurden nun folgendermaassen der Rechnung unterworfen.

Nachdem an jeder Beobachtung die Temperaturcorrection angebracht war, wurden alle Linienmaasse in Millimeter verwandelt. So erhielt ich drei Reihen Zahlen und bildete die Differenzen, nach folgendem Schema:

A_1	A_3	B_1	A_1-A_3	A_1-B	A_3-B	Abweichungen d. Differenz von ihren entspr. Mitteln		
a_1	b_1	c_1	δ_1	γ_1	ε_1	$\delta_1-\delta$	$\gamma_1-\gamma$	$\varepsilon_1-\varepsilon$
a_2	b_2	c_2	δ_2	γ_2	ε_2	$\delta_2-\delta$	$\gamma_2-\gamma$	$\varepsilon_2-\varepsilon$
			δ	γ	ε			

Vertikale Mittel.

Die erste Differenzenreihe gibt die Abweichungen der Aneroide, die zweite und dritte die Differenzen zwischen Aneroiden und Quecksilberbarometer, das Resultat der Beobachtungen war folgendes.

---

1) Man vergleiche die Resultate von Elschnig und Wild.

Vergleichung der Aneroide Nr. 1 und Nr. 3 mit einem Quecksilber-Barometer von Poller.

NB. Aneroide in verticaler Lage abgelesen.

Zahl der Beobachtungen = 95, Druckschwankung = 18^{mm}.

Instrumente	Präcisionscurven															Wahrscheinlicher Fehler
	0÷0,1 m/m	0,1÷0,2 m/m	0,2÷0,3 m/m	0,3÷0,4 m/m	0,4÷0,5 m/m	0,5÷0,6 m/m	0,6÷0,7 m/m	0,7÷0,8 m/m	0,8÷0,9 m/m	0,9÷1,0 m/m	1,0÷1,1 m/m	1,1÷1,2 m/m	1,2÷1,3 m/m	1,3÷1,4 m/m	1,4÷1,5 m/m	m/m
Nr. 1 — Nr. 3	16	22	18	13	7	4	3	3	7	8	2	2	—	—	—	—
Nr. 1 — Bar.	35	31	15	15	3	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	± 0,15
Nr. 3 — Bar.	20	15	11	9	8	9	8	4	5	2	2	1	—	4	1	± 0,37

Das Aneroid Nr. 4 wurde im Winter 1872 mit einem Greiner'schen Heberbarometer verglichen. Das Resultat war folgendes:

Vergleichung des Aneroides 4 mit Heberbarometer von Greiner in Berlin, ohne Berücksichtigung der temporären Veränderungen der Standcorrection.

Zahl der Beobachtungen = 126; Druckdifferenz = 31^{mm}.

Instrumente	Präcisionscurve						Wahrschein. Fehler
	0÷0,1 m/m	0,1÷0,2 m/m	0,2÷0,3 m/m	0,3÷0,4 m/m	0,4÷0,5 m/m	0,5÷0,6 m/m	m/m
Nr. 4 — Bar.	54	21	11	4	6	4	± 0,13

Bei der Berechnung wurden zunächst die Differenzen zwischen den Angaben beider Instrumente gebildet und aus den sämmtlichen Differenzen das Mittel berechnet. Die Abweichungen der einzelnen Differenzen von ihrem Mittel gaben die Daten zu der Praecisionscurve. Diese Ableitungen sind eigentlich nicht ganz correct, was man aus folgendem ersehen kann: Theilt man die ganzen Beobachtungen in drei gleiche Theile und bildet die drei Mittel aus den Differenzen An — Bar, so erhält man nacheinander folgende Zahlen

$$\text{Barom.-Aneroid} = +1{,}71^{mm};\ 1{,}80^{mm};\ 1{,}90^{mm}$$

dies zeigt ein regelmässiges Zunehmen der Differenzen zwischen Barometer und Aneroid, welches seinen Grund in dem Zurückgehen

des Aneroides hat. Werden diese Veränderungen der Differenzen berücksichtigt, so erhält man die Resultate:

Vergleichung des Aneroids Nr. 4 mit einem Heberbarometer von Greiner in Berlin, unter Berücksichtigung der temporären Veränderungen des Aneroidstandes.

Zahl der Beobachtungen = 126; Druckdifferenz = 31mm.

Instrumente	Präcisionscurve						Wahrschein. Fehler
	0÷0,1 m/m	0,1÷0,2 m/m	0,2÷0,3 m/m	0,3÷0,4 m/m	0,4÷0,5 m/m	0,5÷0,6 m/m	m/m
Nr. 4 — Bar.	47	30	10	9	4	—	± 0,12

Man sieht, dass die Praecisionscurve schneller fällt, wenn auch der Wahrscheinliche Fehler weniger abnimmt.

Nun habe ich noch Vergleichungen der Aneroide Nr. 1, 4, 5, 6 mit einem Greiner'schen Heberbarometer, wie sie auf den sächsischen Stationen gebraucht werden. Ich will zunächst die Resultate angeben.

Vergleichungen von Aneroiden mit einem Heberbarometer von Greiner in Berlin während der Höhenmessungen.

Zahl der Beobachtungen = 36.

Instrumente	Präcisionscurve				Wahrscheinl. Fehler
	0÷0,1 m/m	0,1÷0,2 m/m	0,2÷0,3 m/m	0,3÷0,4 m/m	m/m
Nr. 1 — Barom.	56	11	22	11	± 0,12
Nr. 6 — Barom.	64	25	11	—	± 0,09
Nr. 5 — Barom.	43	43	6	8	± 0,11
Nr. 4 — Barom.	41	44	7	8	± 0,12

Die Beobachtungen wurden in Grossenhayn gemacht, allemal vor Beginn und am Ende der Höhenmessungen in einem Zeitraum von 3 Wochen.

Trägt man die einzelnen Differenzen zwischen Aneroiden und Quecksilberbarometer als Ordinaten auf, so schwanken dieselben gleichmässig um das Mittel, ich konnte also keine stetige Veränderung an den Instrumenten im Laufe von drei Wochen erkennen.

IV. Vergleichungen von Barometern untereinander.

Damit man einen Anhalt über die Resultate der Beobachtungen mit Aneroiden gewinnen kann, will ich jetzt noch einige Vergleichungen von Quecksilberbarometern, die nach demselben Modus berechnet sind, darstellen.

Das Poller'sche Barometer wurde durch den Assistenten der leipziger Sternwarte Herrn Leppich mit dem leipziger Stationsbarometer verglichen und gab folgende Resultate.

Barometer Poller mit Leipziger Stationsbarometer.

Zahl der Vergleichungen = 20.

Präcisionscurve										Wahrscheinl. Fehler
0,0 m/m	0,1 m/m	0,2 m/m	0,3 m/m	0,4 m/m	0,5 m/m	0,6 m/m	0,7 m/m	0,8 m/m	0,9 m/m	m/m
15	10	25	10	—	10	5	10	—	15	± 0,35

Das Instrument machte in seinem äusseren einen Vertrauen erweckenden Eindruck, es ist dasjenige Instrument, welches mit den Aneroiden Nr. 1 und 3 verglichen wurde.

Vergleichung des der Königl. Höheren Gewerbschule gehörigen Greiner'schen Barometers mit einem Normalbarometer.[1])

Die Resultate dieser Vergleichungen waren:

Greiner'sches Heberbarometer mit Normalbarometer.

Zahl der Vergleichungen = 46.

Präcisionscurve					Wahrsch. Fehler
0,0÷0,1 m/m	0,1÷0,2 m/m	0,2÷0,3 m/m	0,3÷0,4 m/m	0,4÷0,5 m/m	m/m
31	41	22	4	2	± 0,13

1) Schreiber, Untersuchungen über Theorie und Praxis des Wagebarometers, Repertorium Bd. VIII, Seite 298.

In der Vierteljahresschrift der Züricher Naturf.-Gesellschaft 1871 Heft 4 fand ich folgende Barometervergleichungen ausgeführt von Herrn Prof. Dr. Wolf, Director der Sternwarte in Zürich.

Normalbarometer mit Heberbarometer.

Zahl der Beobachtungen = 10.

0,0 m/m	0,1 m/m	0,2 m/m	0,3 m/m	0,4 m/m	Wahrsch. Fehler
40	10	20	20	10	$\pm 0{,}13$

Normalbarometer mit Stationsbarometer (Construction ?).

0,0÷0,1 m/m	0,1÷0,2 m/m	0,2÷0,3 m/m	Wahrsch. Fehler
60	40	—	$\pm 0{,}08$

Den Wahrscheinl. Fehler einer Ablesung am Heberbarometer von Greiner in Berlin gibt Dr. Bruhns an zu

$$\varepsilon = \pm 0{,}07^{mm}.$$

Aus den Beobachtungen an zwei und vier Aneroiden zu gleicher Zeit zogen wir den Schluss, dass sich die Aneroide mit grosser Wahrscheinlichkeit zwischen den Grenzen $\pm$ 0,25^{mm} einstellen und innerhalb dieser Grenzen den Druck der Luft genau angeben, vorausgesetzt, dass die nöthigen Correctionsdaten genau bestimmt sind, die Beobachtungen an vier Aneroiden geben sogar überraschend gute Resultate, die wahrscheinlichen Fehler sind nicht grösser, als die von Bruhns für Heberbarometer gefundenen, bei dem neuesten Aneroide Nr. 6 sogar 0,01^{mm} kleiner. Diese Beobachtungen sind so recht geeignet, zu zeigen, dass die Vergleichungen von Aneroiden mit Quecksilberbarometern bis jetzt nur dadurch Resultate gegeben haben, welche zur Verwerfung der Aneroide führen mussten, weil man zwei Instrumente verglichen hatte, die ganz verschiedener Natur sind und deren eines man nicht studirt hatte. Es ist durchaus unwissenschaft-

lich verfahren worden, man ist von vornherein überzeugt gewesen, das Aneroid könne nicht gebraucht werden und hat sich demnach keine Mühe gegeben, es ordentlich zu untersuchen. Es liegt in der Natur der Sache, dass man bei vollständiger Unkenntniss der Correctionen, die an den Ablesungen der Aneroide angebracht werden müssen, Differenzen findet, welche bei 10 oder 20 Millimeter verschiedenen Barometerständen um 1 oder noch mehr Millimeter verschieden sein können, ohne dass das an den Angaben der Aneroide liegt; es ist daran nur die Unkenntniss über das Instrument schuld.

Weniger gut stimmen die Vergleichungen derselben Instrumente in derselben Zeit mit dem Heberbarometer. Es kommen hier die Correctionen in Betracht, die an den Aneroidablesungen hätten angebracht werden müssen, die ich aber nicht kannte.

Ich will ferner auf die Vergleichungen der Aneroide Nr. 1 und Nr. 3 mit dem Poller'schen Heberbarometer aufmerksam machen. Wie man aus den Vergleichungen des Poller mit Greiner sieht, liegt die Schuld sehr mit an dem Quecksilberbarometer. Aber auch die Aneroide zeigen Abweichungen, wie sie bei den Höhenmessungen Tafel III nicht entfernt vorgekommen sind. Die Schuld liegt hier an dem Beobachtungsmodus, die Instrumente hingen an der Wand und wurden in vertikaler Lage des Zeigers abgelesen. So konnte das Gewicht, welches im Hebelwerk den todten Gang verhindern soll, nicht wirken und man sieht die Folgen davon an den Resultaten der Beobachtungen. Es ergiebt sich daraus die Regel:

„Die Naudetaneroide müssen stets in horizontaler Lage des Zeigers abgelesen werden.“

Vergleichungen von Quecksilberbarometern untereinander habe ich leider nicht genug auftreiben können. Die Vergleichungen des Geisler'schen Heberbarometers mit dem Normalbarometer sind von mir selbst und ich will sie nicht als mustergiltig hinstellen, obwohl ich mir bewusst bin, mit der grössten Sorgfalt gearbeitet zu haben. Sollten aber diese Vergleichungen ungenau sein, so würden sie wenigstens zeigen, dass ein ungeübter Beobachter mit Aneroiden bessere Beobachtungen liefern kann, als mit den besten Barometern und Kathetometern.

Die wenigen Beobachtungen an Quecksilberbarometern mögen nochmals lehren, dass man diesen Instrumenten zu viel Zutrauen ge-

schenkt hat und sich vorzüglich durch das Vertrauen erweckende Aeussere sehr bestechen lässt.

Freilich würde die Einführung der Aneroide eine grosse Umwälzung in dem ganzen meteorologischen System verursachen, aber die Schwierigkeiten sollten kein Grund sein, dort wo es sich handelt der Wissenschaft einen grossen Dienst zu leisten. Dass aber die Aneroide der Wissenschaft einen sehr grossen Dienst leisten werden, dass sie wesentlich beitragen werden die geheimnissvollen Vorgänge in der Atmosphäre zu erforschen, davon bin ich fest überzeugt und wird diese Ueberzeugung auch jeder erlangen, der sich nicht durch Vorurtheil und Furcht vor der Revolution im System beeinflussen lässt.

Ich übergebe diese Schrift, eine Frucht langer Arbeit, den Männern, welche in Wien zur Berathung der meteorologischen Fragen versammelt sind und habe nur den Wunsch, dass sie einen Anstoss zur weiteren Prüfung dieser so wichtigen Frage geben möge. Wie das Resultat dieser Prüfung sein wird weiss ich nicht, ich hoffe aber bestimmt, dass es zu Gunsten meiner Vorschläge ausfallen und dass man einstweilen die definitive Entscheidung über die Frage 2) verschieben wird.

Ich habe in der vorliegenden Abhandlung die Frage über die Reductionen der Beobachtungen und vorzüglich die Untersuchung der Standcorrection vollständig vernachlässigt.

Die Arbeiten über die letzteren Untersuchungen von Stewart, Höltschl etc. habe ich sehr absprechend beurtheilt, ohne den Versuch zu machen einen positiven Ersatz dafür zu geben. Die Beantwortung dieser Fragen behalte ich mir vor und hoffe eine weitere Arbeit darüber bald der Oeffentlichkeit übergeben zu können.

Chemnitz, im Juli 1873.

Tafel I.

Beobachtungen des Herrn Ingenieurs Hauptmann im Sommer des Jahres 1869.

Aneroide: unbekannt.

Datum 1869	Zahl der Beobachtungen	Tägliche Mittel aus den Differenzen m/m	Präcisionscurven*) −0,55 m/m	−0,45 m/m	−0,40 m/m	−0,35 m/m	−0,30 m/m	−0,25 m/m	−0,20 m/m	−0,15 m/m	−0,10 m/m	−0,05 m/m	0,00 m/m	+0,05 m/m	+0,10 m/m	+0,15 m/m	+0,20 m/m	+0,25 m/m	+0,30 m/m	+0,35 m/m	+0,40 m/m	+0,45 m/m	+0,50 m/m	Barometerstand Max. m/m	Barometerstand Min. m/m	Differenz m/m
August 21	25	— 3,98	4	4	4	—	4	4	4	4	—	4	8	4	12	24	8	4	8	—	—	—	—	758	756	2
„ 23	29	— 3,94	—	—	—	—	4	—	10	14	4	24	17	—	7	7	—	—	—	7	—	4	4	758	753	5
„ 24	21	— 3,94	—	—	—	—	—	—	—	10	19	10	33	10	5	5	5	—	—	5	—	—	—	758	755	3
„ 25	30	— 3,87	—	—	—	—	3	—	3	10	17	10	18	20	10	3	—	3	3	3	—	—	—	758	754	4
„ 26	10	— 4,28	—	—	—	—	—	—	20	—	20	20	—	—	30	—	—	—	10	—	—	—	—	760	758	2
„ 27	25	— 4,48	—	—	—	—	4	4	8	4	12	12	20	4	8	12	—	8	—	—	—	4	—	762	754	8
„ 28	21	— 3,99	—	5	—	—	5	5	14	10	10	10	10	5	5	5	5	10	5	—	—	—	—	761	753	8
„ 30	25	— 3,14	—	4	4	—	—	—	4	16	—	8	8	8	20	8	4	8	4	—	—	—	—	754	750	4
„ 31	31	— 3,95	—	—	—	—	—	—	3	10	10	7	23	29	19	—	—	—	—	—	—	—	—	759	756	3
Septbr. 1	19	— 3,89	—	—	5	—	21	—	5	11	5	—	—	5	—	11	11	11	—	11	5	—	—	760	754	6
Summa: 236 Beobachtungen			0,4%	1,3%	1,3%	—	3,8%	1,3%	6,4%	9,3%	9,3%	10,2	14,4	9,7%	11,0	7,6%	3,0%	4,2%	2,5%	2,5%	0,4%	0,8%	0,4%	762	750	12

*) Die Präcisionscurve gibt an, wie viel Beobachtungen die als Argumente bezeichnete Abweichung vom Mittel gezeigt haben würden, wenn 100 Beobachtungen gemacht worden wären.

Tafel II.

Beobachtungen von Schreiber im Sommer 1870.

Aneroide: in Linien 34851 und ein Goldschmid [gegen Temperatureinwirkung compensirt (?)] Nr. 1 und Nr. 2.

Datum 1870	Zahl der Beobacht.	Tägliche Mittel der Differenzen	Präcisionscurven																														Barometerstand		
			−0,80mm	−0,70mm	−0,55mm	−0,50mm	−0,45mm	−0,40mm	−0,35mm	−0,30mm	−0,25mm	−0,20mm	−0,15mm	−0,10mm	−0,05mm	0,00mm	+0,05mm	+0,10mm	+0,15mm	+0,20mm	+0,25mm	+0,30mm	+0,35mm	+0,40mm	+0,45mm	+0,50mm	+0,55mm	+0,60mm	+0,70mm	+0,80mm	+1,10mm	+1,50mm	Max. m/m	Min. m/m	Diff. m/m
Aug. 17	5	+ 11,79	—	—	—	—	—	—	—	—	20	—	—	20	—	—	20	—	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	748	747	1
„ 18	25	12,86	—	—	—	—	—	—	4	8	4	12	12	4	8	8	—	8	4	4	—	—	8	—	8	4	—	—	—	—	—	—	748	743	5
„ 19	24	12,70	—	—	—	4	—	4	—	8	8	13	4	8	4	—	—	8	4	13	4	4	4	—	—	4	—	—	4	—	—	—	745	740	5
„ 20	22	12,51	—	—	5	—	—	14	5	9	5	—	5	—	9	9	—	—	9	5	5	5	5	5	—	—	—	—	9	—	—	—	750	745	5
„ 21	19	12,79	—	—	5	5	11	—	5	5	5	5	—	5	—	5	5	5	11	5	—	—	5	—	—	—	11	—	—	—	5	—	752	741	11
„ 23	25	13,24	—	—	4	—	4	—	4	—	12	8	12	—	—	4	8	8	4	4	—	4	4	4	—	4	8	4	—	—	—	—	751	744	7
„ 24	22	13,59	—	—	—	—	—	5	5	5	9	—	23	5	5	—	5	5	9	—	5	5	9	5	5	—	—	—	—	—	—	—	746	741	5
„ 26	25	13,78	—	—	—	—	—	—	4	—	4	8	16	8	12	4	12	4	12	4	8	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	745	739	6
„ 27	22	13,74	—	—	—	5	—	—	—	5	—	14	—	14	18	9	—	5	9	5	5	5	5	—	5	—	—	—	—	—	—	—	744	740	4
„ 28	21	13,43	—	—	—	—	—	5	—	5	—	10	5	10	19	5	14	10	—	—	5	10	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	749	738	11
„ 29	17	14,10	6	—	—	—	—	—	—	—	6	—	—	12	—	41	6	6	—	6	12	—	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	739	736	3
„ 30	12	13,93	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8	8	17	17	8	17	17	—	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	748	745	3
Sept. 3	29	14,22	—	—	—	—	—	—	—	7	4	—	10	10	17	7	7	4	14	10	7	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	746	738	8
„ 4	16	13,66	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6	6	19	13	—	6	25	—	19	13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	756	749	7
„ 6	27	14,31	—	—	4	4	—	—	4	4	7	4	4	7	—	7	7	15	11	4	11	—	4	4	—	—	—	—	—	—	—	—	750	740	10
„ 7	19	14,44	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	—	5	32	11	5	11	11	16	—	—	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	746	740	6
„ 8	19	14,67	—	—	—	—	—	5	—	5	—	16	5	5	—	16	5	11	—	16	—	11	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	745	736	9
„ 9	31	14,59	—	—	—	—	—	—	—	3	—	7	13	16	3	10	7	19	13	3	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	749	739	10
„ 10	35	14,78	—	—	—	—	—	—	3	—	6	—	17	11	11	9	14	11	6	6	3	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	745	740	5
„ 11	5	14,41	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20	20	—	—	40	—	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	755	748	7
„ 12	31	14,35	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	7	23	3	10	7	16	7	13	—	10	—	3	—	—	—	—	—	—	—	756	746	10
„ 13	28	14,60	—	4	—	—	—	4	4	7	—	4	—	14	—	11	7	14	—	18	4	7	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	752	740	12
„ 14	4	14,61	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25	—	25	25	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	743	741	2
„ 18	19	14,85	—	—	—	—	—	—	—	—	5	11	16	16	16	—	11	11	—	—	5	—	5	—	—	—	5	—	—	—	—	—	755	753	2
„ 19	25	14,17	—	—	—	—	12	—	—	—	—	—	16	4	20	—	—	12	8	16	8	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—	—	762	760	2
„ 20	21	14,24	—	—	—	—	—	—	5	—	5	5	10	5	10	19	19	5	5	—	10	—	—	5	—	—	—	—	—	—	—	—	762	760	2
„ 21	22	14,42	—	—	—	—	5	—	—	—	—	9	14	5	—	14	9	14	23	5	—	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	758	754	4
„ 22	27	14,48	—	—	—	—	—	—	—	4	4	0	7	7	15	26	7	15	7	4	—	—	—	—	—	4	—	—	—	—	—	—	763	759	4
„ 24	20	14,69	—	—	—	—	—	5	—	20	—	10	5	—	10	15	10	5	5	—	—	—	5	—	—	—	—	—	—	5	—	5	768	765	3
Sa. =	617	Beobacht.	0,2	0,2	0,6	0,6	1,1	1,5	1,8	3,6	3,4	5,3	8,3	8,4	9,7	8,9	7,8	9,6	7,8	6,5	4,7	2,3	3,4	1,0	0,8	0,6	0,8	0,2	0,5	0,4	0,2	0,2	768	736	32

Tafel III.

Beobachtungen von Schreiber im Herbst 1870.

Aneroide: Naudet 34854 in Linien und ein alter Naudet mit Millimetertheilung und voller Deckplatte.

Nr. 1 und Nr. 3.

Datum 1870	Zahl der Beobachtungen	Tägliche Mittel aus den Differenzen	Präcisionscurven																					Barometerstand		Differenz
			−0,50 m/m	−0,45 m/m	−0,40 m/m	−0,35 m/m	−0,30 m/m	−0,25 m/m	−0,20 m/m	−0,15 m/m	−0,10 m/m	−0,05 m/m	0,00 m/m	+0,05 m/m	+0,10 m/m	+0,15 m/m	+0,20 m/m	+0,25 m/m	+0,30 m/m	+0,35 m/m	+0,40 m/m	+0,45 m/m	+0,50 m/m	Max. m/m	Min. m/m	m/m
Septbr. 25	21	—2,64	—	—	—	—	5	—	5	14	5	10	14	14	10	14	10	—	—	—	—	—	—	766	761	5
„ 26	20	—2,33	5	—	—	—	—	—	5	—	10	20	20	10	15	5	5	5	—	—	—	—	—	761	758	3
October 2	16	—2,90	6	—	6	—	—	—	13	—	6	—	6	13	18	19	19	—	—	—	—	—	—	769	768	1
„ 3	18	—2,77	—	—	—	6	—	6	—	11	11	11	11	17	6	17	6	—	—	—	—	—	—	767	762	5
„ 4	30	—2,45	—	—	—	—	3	3	3	—	10	30	7	13	13	13	3	—	—	—	—	—	—	765	762	3
„ 5	27	—2,25	—	—	—	—	—	—	—	7	15	11	19	33	15	—	—	—	—	—	—	—	—	761	758	3
„ 6	10	—1,48	—	—	—	—	—	—	10	—	—	20	30	20	10	10	—	—	—	—	—	—	—	752	749	3
„ 7	5	—1,28	—	—	—	—	—	—	20	20	—	—	—	40	—	—	—	—	20	—	—	—	—	750	749	1
Summa: 147 Beobachtungen			1,4	—	0,7	0,7	1,4	1,4	4,8	5,4	8,8	15,0	13,6	18,4	11,6	10,2	5,4	0,7	0,7	—	—	—	—	769	749	20

Tafel IV.

Beobachtungen von Schreiber in den Jahren 1871 und 1872.

Aneroide: Naudet 34854 in Linien und Naudet 37936 in Millimetern. Nr. 1 und Nr. 4.

Datum		Zahl der Beobacht.	Tägl. Mittel aus den Differenzen	Präcisionscurven																					Barometerstände		Differenz
				−0,50 m/m	−0,45 m/m	−0,10 m/m	−0,35 m/m	−0,30 m/m	−0,25 m/m	−0,20 m/m	−0,15 m/m	−0,10 m/m	−0,05 m/m	−0,00 m/m	+0,05 m/m	+0,10 m/m	+0,15 m/m	+0,20 m/m	+0,25 m/m	+0,30 m/m	+0,35 m/m	+0,40 m/m	+0,45 m/m	+0,50 m/m	Max. m/m	Min. m/m	m/m
1871																											
März	11	16	−0,58	—	—	—	—	—	—	13	—	6	6	25	13	13	13	6	6	—	—	—	—	—	761	757	4
„	12	16	−0,51	—	—	—	—	—	—	8	8	8	33	25	25	8	8	—	8	—	—	—	—	—	757	752	5
„	13	10	−0,33	—	—	—	—	—	—	—	10	10	20	20	10	20	—	10	—	—	—	—	—	—	751	750	1
„	15	18	−0,08	—	—	—	—	—	—	11	—	17	17	17	6	11	11	6	6	—	—	—	—	—	745	743	2
„	16	13	−0,23	—	—	—	—	—	—	8	8	8	8	31	8	15	—	15	—	—	—	—	—	—	747	743	4
„	17	23	−0,15	—	—	4	—	4	4	4	4	—	17	17	4	9	22	—	—	4	4	—	—	—	756	745	11
„	18	22	−0,17	—	—	—	—	5	—	14	—	14	23	14	5	5	9	5	5	5	—	—	—	—	759	754	5
„	19	20	−0,12	—	—	—	—	—	—	5	10	10	10	10	25	—	—	10	20	—	—	—	—	—	759	754	5
„	20	18	−0,13	—	—	—	—	6	—	—	6	28	11	6	6	6	17	17	—	—	—	—	—	—	755	749	6
„	21	22	−0,28	—	—	5	—	5	—	5	5	14	9	5	14	18	14	—	—	5	—	5	—	—	755	744	11
„	22	15	−0,37	—	—	—	7	—	7	7	7	—	7	13	13	20	20	—	—	—	—	—	—	—	757	748	9
„	23	20	−0,47	—	—	—	5	—	5	5	5	10	5	25	10	10	10	10	—	—	—	—	—	—	757	750	7
März	31	29	−0,43	—	—	—	—	4	7	4	4	10	10	14	14	4	17	7	4	4	—	—	—	—	754	747	7
April	1	25	+0,01	—	—	—	4	—	4	16	12	4	12	8	—	4	4	16	4	4	—	4	4	—	716	736	10
„	5	29	+0,15	—	—	4	—	—	4	—	14	10	17	7	14	7	17	—	—	—	7	—	—	—	752	746	6
„	6	30	+0,03	—	—	3	—	—	3	—	3	20	20	17	7	7	10	3	—	7	—	—	—	—	759	749	10
„	8	30	−0,09	—	—	3	10	—	—	—	7	7	10	3	20	20	17	—	3	—	—	—	—	—	758	753	5
„	13	20	−0,32	—	—	—	—	5	5	5	—	10	15	15	10	15	15	5	—	—	—	—	—	—	752	750	2

April 14	22	— 0,17	—	5	—	—	5	14	5	5	14	—	—	5	18	5	14	5	5	5	—	—	—	754	747	7
„ 15	13	— 0,09	—	—	—	—	—	8	8	8	—	15	15	15	8	15	—	8	—	—	—	—	—	751	747	4
„ 18	18	— 0,05	—	—	—	—	6	6	6	11	—	6	6	17	33	6	—	6	—	—	—	—	—	751	747	4
Septbr. 16	17	— 1,00	—	—	—	6	12	—	6	—	12	6	18	6	—	6	12	6	12	—	—	—	—	759	752	7
„ 20	21	— 0,74	—	5	—	—	—	10	—	10	10	10	10	5	24	5	5	—	10	—	—	—	—	753	745	8
„ 21	24	— 0,70	—	—	—	8	4	8	4	—	13	—	21	4	13	4	4	8	—	—	—	4	4	747	735	12
„ 22	23	— 0,63	—	—	4	—	—	4	4	13	13	13	9	4	4	4	9	—	9	4	—	4	—	745	723	22
„ 23	9	— 0,74	—	—	—	—	11	—	—	11	11	—	33	11	—	—	11	—	11	—	—	—	—	749	741	8
„ 25	14	— 0,71	—	—	—	—	—	—	14	7	7	7	29	14	7	7	—	7	—	—	—	—	—	745	734	11
„ 26	21	— 0,45	—	—	—	5	5	5	—	15	—	24	—	5	5	19	14	—	5	—	—	—	—	742	735	7
Octbr. 3	17	— 0,64	—	—	—	—	—	—	—	6	18	24	18	18	12	—	—	6	—	—	—	—	—	738	735	3
„ 4	14	— 0,49	—	—	—	—	—	—	7	14	7	21	21	—	7	—	21	—	—	—	—	—	—	748	738	10
„ 5	22	— 0,68	—	—	—	—	—	—	—	9	14	18	18	23	9	—	5	—	—	5	—	—	—	754	746	8
„ 6	17	— 0,67	—	—	—	—	—	6	6	6	12	6	35	6	12	6	6	—	—	—	—	—	—	753	747	6
1872																										
April 15	13	— 0,83	—	—	—	—	—	—	8	—	8	15	31	23	—	8	8	—	—	—	—	—	—	751	746	5
„ 17	12	— 0,51	—	—	—	—	8	—	—	—	25	8	17	17	17	—	—	—	8	—	—	—	—	741	738	8
„ 18	15	— 0,59	—	—	—	—	—	—	7	13	7	13	13	27	—	20	—	—	—	—	—	—	—	740	736	4
August 8	17	— 1,47	—	—	—	—	—	—	—	6	24	12	18	12	29	—	—	—	—	—	—	—	—	741	736	5
„ 9	23	— 1,23	4	—	—	4	4	—	4	13	9	4	4	4	9	13	9	13	4	—	—	—	—	749	740	9
August 22	17	— 0,82	—	—	—	—	—	—	12	6	12	24	6	24	6	—	6	—	6	—	—	—	—	755	746	9
„ 23	13	— 0,85	—	—	—	—	—	—	—	15	8	15	31	8	15	8	—	—	—	—	—	—	—	756	750	6
„ 24	18	— 1,02	—	—	—	—	—	6	—	11	17	11	17	17	11	6	—	—	6	—	—	—	—	760	754	6
„ 26	13	— 0,98	—	—	—	—	—	—	—	8	—	38	8	23	15	8	—	—	—	—	—	—	—	757	751	6
„ 27	15	— 0,90	—	—	7	—	—	—	—	7	7	20	27	—	20	7	-	7	—	—	—	—	—	750	747	3
„ 28	29	— 1,00	—	—	—	—	—	7	4	17	10	10	14	10	4	7	7	4	4	—	4	—	—	754	751	3
Summa: 813 Beobachtungen			0,1	0,2	0,9	1,5	1,8	3,0	4,4	7,3	10,3	12,9	14,5	11,4	10,6	8,9	5,5	3,0	2,6	0,7	0,2	0,4	0,1	761	728	38

Tafel V.

Beobachtungen von Schreiber im Herbst 1872.

Aneroide: Naudet 34854 in Linien und ein neues, mit Millimetertheilung versehenes, von Schadewell in Dresden bezogenes Naudetaneroid ohne Nummer. Nr. 1 und Nr. 6.

Datum 1872		Zahl der Beobacht.	Tägl. Mittel der Differenzen	Präcisionscurven																					Barometerstände		Differenz
				−0,50 m/m	−0,45 m/m	−0,40 m/m	−0,35 m/m	−0,30 m/m	−0,25 m/m	−0,20 m/m	−0,15 m/m	−0,10 m/m	−0,05 m/m	0,00 m/m	+0,05 m/m	+0,10 m/m	+0,15 m/m	+0,20 m/m	+0,25 m/m	+0,30 m/m	+0,35 m/m	+0,40 m/m	+0,45 m/m	+0,50 m/m	Max. m/m	Min. m/m	m/m
August	30	25	+2,05	—	—	—	—	—	4	—	8	16	4	24	16	16	8	4	—	—	—	—	—	—	756	751	5
„	31	31	+1,98	—	—	—	—	—	—	3	3	28	13	13	26	10	7	3	—	—	—	—	—	—	748	746	2
Septbr.	3	22	+1,98	—	—	—	—	—	9	5	5	9	9	9	14	36	—	5	—	—	—	—	—	—	757	752	5
„	4	20	+1,83	—	—	—	—	—	—	—	10	5	15	25	40	—	—	5	—	—	—	—	—	—	753	751	2
„	5	21	+1,76	—	—	—	—	—	—	—	5	10	14	43	19	—	5	—	5	—	—	—	—	—	753	749	4
„	6	17	+1,77	—	—	—	—	—	6	—	6	18	—	12	18	24	6	—	12	—	—	—	—	—	751	748	3
„	7	10	+1,77	—	—	—	—	—	—	—	—	10	40	10	20	20	—	—	—	—	—	—	—	—	753	748	5
„	9	16	+1,76	—	—	—	—	—	—	—	—	19	25	25	19	13	—	—	—	—	—	—	—	—	753	746	7
„	10	21	+1,82	—	—	—	—	5	—	—	14	—	19	10	29	10	10	5	—	—	—	—	—	—	750	742	8
„	11	16	+1,78	—	—	—	—	—	—	6	6	6	25	25	6	13	6	6	—	—	—	—	—	—	754	748	6
„	12	22	+1,79	—	—	—	—	—	—	5	23	9	—	23	9	14	14	—	5	—	—	—	—	—	754	748	6
„	13	19	+1,79	—	—	—	—	—	—	5	5	11	16	11	37	11	5	—	—	—	—	—	—	—	758	755	3
„	14	15	+1,80	—	—	—	—	—	—	7	—	20	20	7	13	27	—	7	—	—	—	—	—	—	753	749	4
„	16	10	+1,76	—	—	—	—	10	—	—	—	—	20	30	20	—	20	—	—	—	—	—	—	—	752	751	1
„	17	19	+1,84	—	—	—	—	—	—	—	—	16	16	21	26	21	—	—	—	—	—	—	—	—	752	751	1
„	18	9	+1,83	—	—	—	—	—	—	—	—	22	11	22	44	—	—	—	—	—	—	—	—	—	750	749	1
„	19	3	+1,91	—	—	—	—	—	—	—	—	—	33	34	33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	745	745	0
Summa:		296 Beobachtungen		—	—	—	—	0,7	1,4	2,0	6,1	12,2	14,2	19,3	22,0	13,5	5,1	2,4	1,4	—	—	—	—	—	758	742	16

Tafel VI.

Beobachtungen von Helm im Herbst 1872.

Aneroide: Naudet 34381 in Linien und Naudet 37936 in Millimetern.

Nr. 4 und Nr. 5.

Datum 1872	Zahl der Beobacht.	Tägl. Mittel der Differenzen	Präcisionscurven																					Barometerstände		Differenz
			−0,50 m/m	−0,45 m/m	−0,40 m/m	−0,35 m/m	−0,30 m/m	−0,25 m/m	−0,20 m/m	−0,15 m/m	−0,10 m/m	−0,05 m/m	−0,00 m/m	+0,05 m/m	+0,10 m/m	+0,15 m/m	+0,20 m/m	+0,25 m/m	+0,30 m/m	+0,35 m/m	+0,40 m/m	+0,45 m/m	+0,50 m/m	Max. mm	Min. m/m	m/m
August 30	22	−3,31	—	—	—	—	—	5	18	5	14	—	14	18	—	18	—	5	5	—	—	—	—	759	754	5
„ 31	20	−3,21	—	—	—	—	—	—	10	5	5	25	20	10	10	10	5	—	—	—	—	—	—	751	748	3
Septbr. 3	20	−3,21	—	—	—	—	10	—	10	15	10	—	5	10	10	10	5	5	5	5	—	—	—	759	754	5
„ 4	22	−3,21	—	—	—	—	—	—	9	5	9	23	14	14	9	14	—	5	—	—	—	—	—	756	759	7
„ 5	16	−3,22	—	—	—	—	—	—	6	13	—	13	25	25	13	6	—	—	—	—	—	—	—	755	752	3
„ 6	13	−3,19	—	—	—	—	—	8	—	38	8	—	—	—	23	8	8	—	8	—	—	—	—	753	749	4
„ 7	10	−3,11	—	—	—	—	—	10	—	—	10	20	20	10	20	—	10	—	—	—	—	—	—	754	749	5
„ 9	16	−3,24	—	—	—	—	6	6	—	13	13	—	19	13	13	13	6	—	—	—	—	—	—	756	747	9
„ 10	16	−3,23	—	—	—	—	—	—	13	6	6	13	13	19	19	6	6	—	—	—	—	—	—	752	749	3
„ 11	22	−3,24	—	—	—	—	—	5	9	—	14	9	27	5	18	9	5	—	—	—	—	—	—	756	750	6
„ 12	18	−3,15	—	—	—	6	6	11	—	11	—	28	—	11	—	6	—	11	—	6	—	6	—	756	752	4
„ 13	24	−3,18	—	4	—	—	4	4	4	4	4	4	13	21	13	13	8	—	—	—	4	—	—	760	755	5
„ 14	14	−3,11	—	—	—	—	—	7	—	7	7	14	14	21	14	7	7	—	—	—	—	—	—	755	750	5
„ 16	11	−3,27	—	—	—	—	—	—	9	9	27	—	—	27	18	—	9	—	—	—	—	—	—	755	754	1
„ 17	19	−3,14	—	—	—	—	11	11	—	5	16	5	16	5	5	5	5	5	—	5	—	5	—	754	754	0
„ 18	16	−3,21	—	—	—	—	—	—	6	6	19	—	31	13	6	6	13	—	—	—	—	—	—	752	752	0
„ 19	8	−3,33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	33	34	33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	748	748	0
Summa: 282 Beobachtungen			—	0,4	—	0,4	2,5	3,9	6,4	8,2	9,6	9,9	14,9	13,8	11,0	8,9	5,0	2,1	1,1	1,1	0,4	0,7	—	760	747	13

Ueber einige Verbesserungen an der electromagnetischen Inductionsmaschine.

Von

Wilde.

(Hiezu Tafel XXI.)

(Aus dem Philosophical Magazine vom Juni 1873.)

Die erste magnetelectrische Maschine von Wilde, die im III. Bande des Repertoriums Seite 186 ff. beschrieben ist, gab sehr gute Resultate, allein sie erforderte eine ungemein grosse Rotationsgeschwindigkeit, welche im Innern der Armatur eine enorme Hitze zur Entstehung brachte. Dieser Uebelstand ist bei der neuen Maschine, welche auf Tafel XXI dargestellt ist, beseitigt. A, A sind die beiden Seiten eines kreisförmigen Rahmens aus Gusseisen, die durch die Stangen B, B und das Querstück C solid mit einander verbunden sind. Eine dicke Scheibe von Gusseisen ist an einer Stange E befestigt, welche sich in Büchsen dreht, die an jeder Seite des Rahmens befestigt sind. Die eine dieser Büchsen F ist von dem Rahmen durch geeignet angebrachte Hartgummistücke und auch von der Stange E durch einen Cylinder von der gleichen Substanz wohl isolirt. Durch den Rand der Scheibe D und parallel zu ihrer Achse sind 16 Löcher gebohrt, die gleichweit von einander abstehen, um die gleiche Anzahl von Eisenkernen oder Armaturen G aufzunehmen. Die Armaturen haben an jeder Seite der Scheibe D Vorsprünge von etwa zwei Zoll und sind durch Schrauben festgehalten. An jeder inneren Fläche des kreisförmigen Rahmens sind 16 cylindrische Electromagnete befestigt, die ebenso wie die durch die Scheibe D hindurchgehenden Armaturen gleichweit von einander und vom Mittelpuncte der Achse E entfernt sind. Die beiden Electromagnetkreise haben also ihre entgegengesetzten Pole einander gegenüber und die Scheibe mit ihrem Armaturenkreise rotirt zwischen diesen beiden Electromagnetkreisen. Die

Enden der Armaturen sind kreisförmige Eisenplatten, welche den doppelten Zweck haben, einmal die Drahtspiralen, die über sie gewunden sind, festzuhalten und dann die Zwischenräume auszufüllen, welche die Pole der Electromagnete von einander trennen. Die Annäherung der Schliessungskreise des Electromagnets und der Armaturen, ebenso wie die Annäherung electrischer Stromkreise auf ein kurzes Intervall an den Punct, wo kein Strom stattfindet, hat eine bestimmte Einwirkung auf die Stärke einer electromagnetischen Inductionsmaschine, da diese beiden Anordnungen gleichzeitig dazu beitragen, die magnetische Intensität der Electromagnete beim Entstehen und Verschwinden der durch die Drahtspiralen gehenden electromagnetischen Wellen festzuhalten.

Die cylindrischen Eisenkerne sind jeder mit 659 Fuss isolirten Kupferdrahtes von 0,075 Zoll Dicke umwickelt; die Spiralen sind zusammen zu einem Schliessungskreise von 2636 Fuss Länge gruppirt und so verbunden, dass die an jedem Kreise liegenden Magnete ebenso wie die, welche in beiden Kreisen direct einander gegenüber stehen, ihre Nord- und Südpole in Wechselwirkung zu einander haben. Eine permanente Ladung Magnetismus wurde dem Systeme der Electromagnete durch den Strom einer besonderen electromagnetischen Maschine mitgetheilt.

Wiewohl die Armaturen von 16 Eisenstücken gebildet werden, sind es doch im Ganzen 32, da die Eisenstücke auf beiden Seiten aus der Scheibe D vorstehen. Die Länge des isolirten Kupferdrahtes an jeder Armatur beträgt 116 Fuss; seine Dicke ist die gleiche wie beim Electromagnetdraht. Diese Drahtspiralen sind in acht Gruppen von je vier Spiralen getheilt und für eine Intensität von 4×464 Fuss verbunden. Eine der Gruppen dient dazu, den schwächsten Strom zu erzeugen, um den Electromagnetkreis zu laden; die anderen Gruppen sind mit einander verbunden für eine Quantität von sieben und eine Intensität von vier zur Erzeugung des stärksten Stromes der Maschine. Das Gewicht des Electromagnetdrahtes beträgt 356 ℔ und das des Armaturendrahtes 26 ℔. Die Spiralen zum Laden der Electromagnete stehen mit dem Commutator H in Verbindung und die, welche den stärksten Strom erzeugen, sind mit den Ringen J, K oder an deren Stelle mit einem zweiten Commutator verbunden, je nachdem man abwechselnd entgegengesetzt gerichtete Ströme oder einen gleichgerichteten Strom erhalten will.

Die Stärke und die Verhältnisse der verschiedenen Theile der Maschine lassen eine Umdrehungsgeschwindigkeit von 500 bis 1000 Umgängen in der Minute zu.

Mit der mittleren Geschwindigkeit von 500 Umdrehungen in der Minute bringt der starke Strom einen Eisendraht von 8 Fuss Länge und 0,065 Zoll Durchmesser (Nr. 16. B. W. G.) zum Schmelzen und erzeugt zwei nebeneinander stehende electrische Lichter, wovon jedes in der Stunde 3 Zoll einer Kohle von einem halben Quadratzoll Querschnitt verbraucht.

Mit einer Geschwindigkeit von 1000 Umdrehungen in der Minute bringt der Strom 12 Fuss Eisendraht von 0,075 Zoll Durchmesser (Nr. 15. B. W. G.) zum Schmelzen. Wenn man die Erwärmung oder das Schmelzen eines Eisendrahtes von gegebener Länge und gegebenem Querschnitte als Maass für starke electrische Ströme und als Vergleichungsmittel zwischen den Kräften von Electromotoren verschiedener Art nimmt, was künftighin immer wird geschehen müssen, so hat man vollständig die Auslegung des obigen Resultates.

Bei der Geschwindigkeit von 1000 Umgängen in der Minute ist das Licht der zwei neben einander aufgestellten Kohlenlichter für diejenigen, welche ihrem unmittelbaren Einflusse ausgesetzt sind, ganz unerträglich. Schätzt man die Lichtstärke nach dem Maasse, welches bei der Beurtheilung der Wirkungen der ausgezeichneten magnetelectrischen Maschinen von August Berlioz und van Malderen zu Grunde gelegt wurde, welche sorgfältig die photometrischen Intensitäten des electrischen Lichtes und des von Oellampen studirt haben, so ist die Stärke der neuen Maschine gleich der von 1200 Carcel'schen Lampen, deren jede in der Stunde 40 Gramm Oel verbraucht, oder gleich der von 9600 Wachskerzen. Die mechanische Arbeit, die zur Erzeugung dieses Lichtes erforderlich ist, beträgt etwa 10 Pferdekräfte.

Eine Vergleichung zwischen der Stärke der neuen Maschine und der der 10 zölligen Maschine zeigt, dass während der von der ersteren gelieferte Strom 12 Fuss Eisendraht von 0,075 Zoll Durchmesser zum Schmelzen bringt, der Strom der zweiten blos 7 Fuss Eisendraht von nur 0,065 Zoll Durchmesser schmilzt und also nur die Hälfte von der Stärke der neuen Maschine besitzt. Ueberdies beträgt die Quantität des bei der neuen Maschine verwendeten Kupfers etwa $3^1/_2$ Centner und die des verwendeten Eisens 15 Centner, während das Gewicht

dieser Metalle bei der 10 zölligen Maschine 29 Centner Kupfer und 60 Centner Eisen ist. Mit anderen Worten: man hat bei der neuen Maschine die doppelte Stärke bei weniger als dem vierten Theil der bei der 10 zölligen Maschine verwendeten Materialien.

Ein anderer Vortheil der neuen Maschine ist die grosse Verminderung der Temperatur, welche in den Armaturen durch ihre rasche Bewegung in der Luft erzeugt wird. Vermehrt man den Durchmesser der Electromagnetkreise und gleichzeitig die Anzahl der Electromagnete und der Armaturen, so kann man die Winkelgeschwindigkeit soweit vermindern, dass man dieselbe direct durch die Curbel der Dampfmaschine in Thätigkeit versetzen kann und zugleich eine Vermehrung der electrischen Kraft proportional der Anzahl der Electromagnete und Armaturen in den Electromagnetkreisen erhält. Da die Electromagnete der Maschine ihre Ladung von dem Strome einiger ihrer Amaturen erhalten, was Vortheile bietet, indem eine Einrichtung zur Trennung des schwachen und des starken Stromes getroffen ist, so ist die Anordnung der Commutatoren etwas complicirt und die Fehler in dem einen oder anderen Schliessungskreise würden nicht so leicht localisirt als wenn eine gesonderte Maschine zum Erregen der Electromagnete angewendet würde. Hat man also mehrere Maschinen zur Verfügung und braucht man den Strom mehrerer derselben zugleich, wie dies in den grossen Etablissements stattfindet, so kann man mit Vortheil eine besondere Maschine von hinreichender Stärke zum Erregen der Electromagnete mehrerer Maschinen verwenden, deren Ströme man zusammen verwerthen will; man hat dann den Vortheil, dass man keinen Commutator an der Achse der Maschine nöthig hat.

Lamont's Instrumente zur Bestimmung der absoluten Declination und Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus.

(Hiezu Tafel XIX, XX.)

Im Anschlusse an die Mittheilung über den Lamont'schen Reisetheodolithen (Heft I. p. 46 dieses Bandes) lassen wir die Beschreibung der Einrichtungen folgen, welche von Lamont zur Bestimmung der absoluten Declination und Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus an der Münchener Sternwarte ausgeführt worden sind. Wir legen dabei die Beschreibung zu Grunde, welche Lamont selbst in seiner Schrift: „Das magnetische Observatorium in München. IV. Supplementband der Annalen der Münchner Sternwarte pag. 129 ff." gegeben hat.

Zur Messung der absoluten Horizontal-Intensität dient ein grosser magnetischer Theodolith, der auf Tafel XIX. Figur 1 dargestellt ist. Derselbe besteht aus einem kreisrunden Fusse PP, aus einem am Fusse angeschraubten Kreise KK, aus einer beweglichen Alhidade mit den Ablesungs-Microscopen MM' und der Ablenkungsschiene AB und endlich aus einem beweglichen Aufsatze, der das Magnetgehäuse pq, das Ablesefernrohr F und das Gegenwicht Q trägt.

Der Fuss PP und der Kreis KK bedürfen keiner näheren Erklärung. In der Mitte der Ablenkungsschiene befindet sich die conische Drehachse, welche in die conische Oeffnung der mit dem Fusse fest verbundenen Büchse, von der man in der Figur blos den unteren Theil sieht, hineinpasst und unten auf dem Gegendrucke kk aufruht. Der Steg kk lässt sich mittelst der Schraube s höher oder tiefer stellen und wird so regulirt, dass die Achse leicht sich bewegt, aber keinen merklichen Spielraum hat. Diese Regulirung ist mit besonderer Sorgfalt vorzunehmen und von Zeit zu Zeit wegen möglicher Abnützung der Achse zu wiederholen.

Die Achse ist in der Mitte der Ablenkungsschiene festgeschraubt. Um die Führungsbüchse der Achse geht eine zweite cylindrische Büchse *C*, die ebenfalls an dem Mittelstücke der Ablenkungsschiene mittelst der Schrauben *h*, *h*, *h* angeschraubt ist und die Bestimmung hat, die Ablese-Microscope, den Arm *d* für die feine Bewegung zu tragen, dann bei *l* und *l'* Stützpuncte zu gewähren für die Stäbe *lm*, *lm'*, welche die Durchbiegung der Schiene verhindern.

An der Ueberfangsbüchse *C* ist auf jeder Seite eine Schiene *D* angeschraubt, mit deren beiden Armen die Microscopträger *E*, *E*, *E*, *E* verbunden sind. Das Microscoprohr wird oben bei *a* durch eine federnde Hülse, unten bei *b* durch eine Zwinge, welche mittelst der Schraube *c* angezogen wird, gehalten. Sobald man die Schraube *c* um einen Umgang zurückdreht, so lässt sich das Microscop mit der Hand verschieben und auf diese Weise wird die zum deutlichen Sehen erforderliche Entfernung von der Kreistheilung eingestellt. Die Microscopträger *E*, *E*, an welchen die Hülse *a* und die Zwinge *b* angebracht sind, werden an beiden Enden durch Schrauben *i*, *i*, *i*, *i* festgehalten und können, wenn man diese Schrauben löst, um etwas Weniges nach der einen oder anderen Seite gerückt werden; mittelst dieser seitlichen Verschiebung wird bewirkt, dass die Microscope wenigstens sehr nahe um 180° von einander abstehen. Die Microscope sind wie beim Reisetheodolithen eingerichtet und tragen verstellbare Recher, so dass, wenn nach Vornahme der eben angezeigten Berichtigung die beiden Recher (d. h. der erste Zahn des einen und des anderen Rechers) nicht genau um 180° von einander abstehen, das Fehlende corrigirt werden kann.

Die feine Bewegung geschieht mittelst des Armes *d*, auf den die Schraube *g* wirkt; einen Gegendruck bringt eine im Rohre *f* enthaltene Spirale hervor. Gesperrt wird die Bewegung durch die Klemmschraube *r*.

Eine der wesentlichsten Bedingungen für eine genaue Messung der Ablenkungen bildet die Stützung der Ablenkungsschiene, die sonst vermöge ihrer bedeutenden Länge sich sehr beträchtlich biegen würde. Dieser Bedingung wird vollkommen entsprochen durch die beiden oben schon erwähnten Stützen *lm* und *lm'*, so zwar, dass ungeachtet der leichten Construction eine merkliche Biegung selbst bei einer Länge der Schiene von 5 Pariser Fuss nicht stattfindet, wie sich Lamont durch den Versuch genügend überzeugt hat.

Auf dem Mittelstücke der Schiene ist der Aufsatz des Magnetgehäuses drehbar angebracht. Zu diesem Aufsatze gehören das Magnetgehäuse, in welchem ein aus vier Lamellen bestehender kleiner Magnet mit Spiegel aufgehängt ist, das Fernrohr mit dem Beleuchungsprisma t (für senkrecht auffallendes Licht) und das Gegengewicht Q. In den früher gebrauchten Apparaten hat Lamont stets das Magnetgehäuse auf der Alhidade befestigt und die Ablenkungsschiene darunter drehbar gemacht; hier ist im Gegentheil die Ablenkungsschiene fest mit der Alhidade verbunden und der Aufsatz des Magnetgehäuses wird darauf gedreht, wobei der Magnet mit der Spiegelachse einen Winkel von 45° einschliesst.

Diese Construction erleichtert in hohem Grade die richtige Aufstellung des Theodolithen. Man habe eine Mire, welche mit dem magnetischen Meridian den Winkel α, von Nord über West gezählt, macht und es sei die Ablesung des Theodolithen, wenn man die Schiene nach der Mire richtet[1]) $= e$, so wird die Schiene senkrecht auf dem magnetischen Meridiane (Ost-West) stehen, wenn die Kreisablesung

$$e - \alpha + 90^0$$

und parallel mit dem magnetischen Meridiane (Süd-Nord), wenn die Kreisablesung

$$e - \alpha$$

beträgt. In beiden Fällen wird dem Aufsatze des Magnetgehäuses die richtige Stellung dadurch gegeben, dass man dasselbe dreht bis die optische Achse des Fernrohres senkrecht gegen den Magnetspiegel steht, d. h. bis im Fernrohre Faden und Fadenbild coincidiren. Ist diese Bedingung erfüllt, so steht die Nadel bei der Ost-Westrichtung der Schiene senkrecht gegen dieselbe und bei der Nord-Südrichtung parallel mit derselben.

Damit man das Magnetgehäuse senkrecht stellen könne, wird es

---

1) Da die Schiene eine beträchtliche Länge hat, so kann man, wenn man darüber visirt, die obige Einstellung sehr leicht mit der für die Theorie geforderten Genauigkeit vornehmen. — Man kann sich dazu auch einer sehr einfachen Hilfsvorrichtung bedienen. Am Ende der Ablenkungsschiene stellt man eine feine Metallspitze w (Figur 2) auf und gegen die Mitte der Schiene hin einen unter 45° geneigten Spiegel n (Figur 1); visirt man nun durch ein kleines Loch bei o die Mire an, so kann man die drei Puncte: Mire, Spitze w und Auge hinreichend genau in eine gerade Linie einstellen.

in derselben Weise festgemacht wie bei dem magnetischen Reisetheodolithen. Die runde Platte, welche den Boden des Gehäuses bildet, berührt die Unterlage nur an einem Puncte, der rückwärts sich befindet. An der Vorderseite sind zwei Schrauben angebracht, welche abwärts ziehen, und dazwischen eine Messingfeder, die aufwärts drückt. Der oben erwähnte feste Punct rückwärts und diese Messingfeder stehen einander diametral gegenüber, so dass sie gleichsam eine bewegliche Achse bilden, und da von den Schrauben die eine rechts, die andere links von dieser Achse sich befindet, so ist es leicht begreiflich, dass, wenn beide Schrauben zugleich angezogen und nachgelassen werden, das Gehäuse vorwärts oder rückwärts geneigt wird, und wenn nur eine Schraube angezogen oder nachgelassen wird, eine Neigung seitwärts erfolgt.

Eine etwas umständlichere Arbeit bildet die Aufhebung der Torsion der Suspensionsfadens, welche wegen der Kleinheit der Nadel immer stärker sein wird als es bei sonstigen magnetischen Instrumenten der Fall ist. Vom Anfange beträgt der Einfluss der Torsion gewöhnlich mehrere Grade, vermindert sich aber allmälig in Folge der unvollkommenen Elasticität des Fadens, so zwar, dass schon nach einer Stunde der Stand sich beträchtlich ändert. Auf solche Weise erkennt man zwar nicht die Grösse, wohl aber die Richtung der Torsion, und indem man eine oder zwei Umdrehungen in der Richtung, in welcher die Nadel ihren Stand geändert hat, corrigirt, kann man es leicht so weit bringen, dass der übrig bleibende Betrag nicht gar zu gross ist. Eine sichere Correction kann nur durch Ablenkungen[1]) bewerkstelligt werden; man bestimmt nämlich die Grösse, um welche die Nadel seitwärts gehalten wird, und die Ablesung, welche der Theodolith geben würde, wenn die Torsion aufgehoben wäre. Den Theodolithen stellt man dann auf diese Ablesung ein und dreht den Faden so lange, bis das Fadenbild mit dem Faden zur Coincidenz kommt.

Wenn man ausser den vier Ablenkungs-Ablesungen auch die natürliche Richtung der Nadel abliest, so liefert jede zum Zwecke der Intensitätsbestimmung vorgenommene Ablenkung die nöthigen Angaben zur Berechnung der Torsion, so dass man immer im Stande ist, die etwa mit der Zeit eintretenden Aenderungen zu berichtigen. Da-

1) Lamont's Handbuch des Erdmagnetismus p. 115.

bei ist zu bemerken, dass zwar nach theoretischen Gründen die Torsion, sie mag gross oder klein sein, auf die Intensitätsmessung keinen Einfluss hat, in der Praxis aber wegen der unvollkommenen Elasticität des Fadens es nicht rathsam ist, eine Torsion von grösserem Belange bestehen zu lassen.

Bei den Messungen wird der Ablenkungsmagnet nicht unmittelbar auf die Schiene gelegt, sondern auf einen Schlitten (Figg. 1 u. 3) befestigt; für die Einstellung auf die verschiedenen Distanzen trägt dieser Schlitten an beiden Enden Indexstriche und diesen gegenüber die Lupen *L L*[1]). Um die Indexstriche mit den Theilstrichen der Ablenkungsschiene zur Coincidenz zu bringen, bedient man sich des Hebels *H*, dessen inneres Ende einen abwärts gehenden Stift trägt, welcher in die mit der Theilung correspondirenden Löcher der Schiene hineinpasst. Bei den Ost-West-Ablenkungen erhält der Ablenkungsmagnet die in der Fig. 3 angezeigte Stellung *NS*, bei Nord-Süd-Ablenkungen stellt man ihn senkrecht gegen diese Lage; in beiden Fällen geschieht die Befestigung mittelst der Klammern α, β, γ, δ.

Für die Beobachtung der Schwingungsdauer des unbelasteten Magneten kann man das auf Seite 44 dieses Bandes beschriebene und auf Tafel VIII Figg. 11 u. 12 dargestellte Schwingungskästchen benützen. Für die Schwingungen dagegen, die zur Ermittelung des Trägheitsmomentes gehören, muss man einen eigenen Schwingungskasten haben, der in Fig. 1 Taf. XX im Durchschnitte dargestellt ist. Auf den Holzkasten *A*, *A*, *A* ist als Deckel eine Platte *S S* von starkem Spiegelglase aufgesetzt, durch deren Mitte das 1,5 Meter lange Fadenrohr *R* hindurchgeht. Zur Führung dieses Rohres sind auf dem Kasten *A* zwei weitere Rohre *B B* mit dem Querstücke *C* befestigt, durch dessen Mitte die obere Hälfte des Fadenrohres *R* hindurchgeht. Die Suspension geschieht wie beim kleinen Schwingungskästchen, nur wird dabei ein Fadenbündel, bestehend aus 8 Coconfäden, verwendet. Um den Magnet und den Ring bequem einhängen zu können, sind die Seitenwände des Holzkastens als Schieber eingerichtet und hat der Kasten selbst eine hinreichende Grösse, um mit der Hand bequem in das Innere gelangen zu können.

---

1) Man gebraucht den einen oder anderen Indexstrich je nach der Beleuchtung oder der Bequemlichkeit; in einigen Stellungen kann der bequemen Ablesung des einen oder anderen Indexstriches das Fernrohr *F* oder das Gegengewicht *Q* im Wege sein.

Die Vorrichtung zur Bestimmung der absoluten Declination zeigt Fig. 2 Taf. XX. Auf einem isolirten Postamente steht der Theodolithfuss *F* mit dem Declinationsgehäuse *A*, *A*. Dasselbe besteht aus einem in der Mitte durchbrochenen Parallelepipedum von Holz, 7 Zoll lang, 6 Zoll hoch, $2^1/_2$ Zoll dick, mit einem Rohre *R* für die Suspensionsfaden versehen und beiderseits verschlossen durch Platten von starkem Spiegelglase. *mm'* ist der Doppelmagnet und *S* der Spiegel, vor welchem eine runde durch ein Planparallelglas verschlossene Oeffnung *C* sich befindet, durch die man auf den Magnetspiegel *S* hineinsieht. Oben und unten sind an dem Doppelmagnet Haken zum Umhängen des Magneten angebracht; im Uebrigen ist die Aufhängung dieselbe wie beim Schwingungskasten (man sieht sie in der Figur einpunctirt). Durch das Fadenrohr geht auch hier ein Stift *p* hindurch, der die Drehung des Fadens verhindert.

Das Ganze wird dem oben beschriebenen Theodolithen, von welchem der Magnetaufsatz abgenommen ist, gegenüber aufgestellt, so dass man mit dem Fernrohre desselben durch das Planparallelglas *C* auf den Spiegel *S* hineinsehen kann.

Um die Torsion aufzuheben, hängt man anstatt des Magneten ein gleich schweres Torsionsgewicht ein und zieht den Stift *p* aus dem Suspensionsrohre heraus, so dass die Drehung frei vor sich gehen kann. Das Torsionsgewicht lässt man einen oder mehrere Tage eingehängt, und wenn es darauf ankommt, eine Messung zu machen, so muss der Stift *p* eingesteckt werden, ehe das Gewicht entfernt wird. Bei dem Einstecken des Stiftes kann es geschehen, dass der Bügel oder die Oehre nicht die entsprechende Lage haben, d. h. nicht parallel mit dem magnetischen Meridiane stehen, mithin wenn man den Magnet einhängt, eine Torsion des Fadens (höchstens im Betrage von $^1/_4$ Umgang) vorhanden sein wird. Lamont hat anfangs immer den Aufhängungshaken soweit gedreht, als nach dem Augenmaasse nöthig schien, um diese Torsion aufzuheben, später aber dies unterlassen, da der Einfluss auf die Declinationsmessung $^1/_{10}$ Minute nicht erreichen kann und es zweckmässiger schien, diesen Einfluss sowohl als die sonst vorkommenden zufälligen Fehler durch wiederholte Messungen zu eliminiren.

Damit der Faden zwischen dem Aushängen des Torsionsgewichtes und dem Einhängen des Magneten oder im umgekehrten Falle die gleiche Spannung behält als während der Belastung, hat Lamont in der jüngsten Zeit die folgende Einrichtung getroffen. Hinter dem

Postamente, auf welchem der Declinationsaufsatz steht, befindet sich eine hölzerne Säule *H*, welche bis an das Ende des 1,5 Meter langen Fadenrohres *R* emporragt. Auf derselben ist ein kleines Messingsäulchen *K* befestigt, in welchem der Drehpunct eines Hebels *ab* gelegen ist. Das eine Ende *a* trägt eine Gabel, welche den Aufhängungsstift umfasst, am andern Hebelarme befindet sich das Laufgewicht *g*, welches so regulirt ist, dass es gerade dem eingehängten Torsionsgewichte (oder dem Doppelmagnete) das Gleichgewicht hält. Wird nun beim Aushängen des Torsionsgewichtes die Schraube *f* gelöst, so zieht das Gewicht *g* den Faden ebenso stark, als ihn vordem das Torsionsgewicht gespannt hatte.

In einer weiteren Mittheilung sollen die Beobachtungsregeln und Rechnungsvorschriften zur Herstellung der magnetischen Constanten vermittelst der Lamont'schen Instrumente zusammengestellt werden.

Ueber die Tragkraft der Magnete.

Von

J. Jamin.

(Pariser Comptes rendus 12. Mai 1873.)

Hiemit habe ich die Ehre der Academie zwei Magnete vorzuzeigen, die nach dem von mir angegebenen Systeme ausgeführt worden sind. Der Eine von mittlerer Grösse wiegt 6 Kilogramm und trägt deren 80, der andere, welcher unstreitig der kräftigste Magnet ist, der je construirt wurde, trägt etwa 500 Kilogramm, während sein Gewicht blos den zehnten Theil hievon beträgt. Bevor ich ihn näher beschreibe, will ich die Principien auseinandersetzen, nach denen er construirt ist.

I. Die Tragkraft eines Magneten hängt von einer Reihe von Umständen ab: in erster Linie von der Masse des Ankers und von der Genauigkeit, womit der Contact hergestellt ist. Ist der Anker klein, so hebt der Magnet einen Theil seines Magnetismus auf und der Contact erhält an seinen beiden Enden zwei Pole, welche mit denjenigen, die er berührt, gleichnamig sind. Wächst die Masse des Ankers, so nimmt dieser scheinbare Magnetismus ab und verschwindet bei einer bestimmten Grenze vollständig. In diesem Momente ist die Tragkraft am grössten, da der ganze Magnetismus zu ihrer Erzeugung verwendet wird.

So habe ich gesehen, wie ein Anker 267 Kilogramm trug, wenn er allein an den Magneten angehängt war, und 305 Kilogramm, wenn an seinen beiden Seiten zwei Eisenlamellen angebracht waren, die sein Gewicht vermehrten. Dieses Gewicht darf übrigens nicht unbegrenzt vermehrt werden, denn dann nimmt die Wirkung wieder ab. Um also den Magnetismus im weichen Eisen zu zerlegen, muss der Magnet einen Theil seiner Kraft abgeben. Man muss also in geeigneter Weise die Masse des Ankers reguliren.

Man muss auch die Contactfläche des Ankers mit dem Magneten reguliren; wird sie zu gross, so nimmt die Kraft ab; nimmt sie unter eine bestimmte Grenze herab ab, so wirkt sie wie ein zu kleiner Anker; es ist nicht mehr der ganze Magnetismus des Stabes gebunden.

II. Legt man eine magnetisirte Stahllamelle auf ein bereits gebildetes Bündel, so erfährt sie eine erste Art von Influenz. Zwei äquivalente Quantitäten entgegengesetzter Magnetismen trennen sich; die eine wird angezogen gegen das Bündel hin, die andere wird abgestossen an die äussere Fläche der hinzugefügten Lamelle. — Mit anderen Worten, die Solenoide, welche an der Oberfläche dieses Bündels auslaufen, werden durch die neue Lamelle hindurch bis zur neuen Oberfläche verlängert; es ist dies gerade so, als wenn der ursprüngliche Magnetismus bis an diese Oberfläche übertragen würde und diese Wirkung fügt nichts zum ersten Zustand des Magneten hinzu. Dieser aber erzeugt zwei andere Wirkungen: er stösst nach aussen hin den Magnetismus ab, welchen die Lamelle besass, und andrerseits bestimmt er in dieser eine entgegengesetzte Magnetisirung, die um so grösser wird, je stärker er ist. Die Differenz dieser beiden Wirkungen repräsentirt den Zuwachs, den die hinzugefügte Lamelle auf das Bündel überträgt. Dieser anfangs beträchtliche Zuwachs nimmt mit der Zunahme der beigelegten Lamellen ab; er wird schliesslich Null und dann ist man beim normalen Magneten angekommen. Der Magnetismus wird ein Maximum $= M$; die Tragkraft erreicht die Grenze f und jede Lamelle behält eine Quantität Magnetismus $e = \frac{M}{n}$, welcher proportional mit der Anzahl n der Elemente wächst und welcher stets geringer ist als die Grenze E, die sie durch das Magnetisiren erhalten hatten.

III. Diese Grösse f ist blos eine untere Grenze der Tragkraft. Nehmen wir an, dass, während der Anker des Magneten an einer passenden Unterlage befestigt ist, der Reihe nach an ihm die Stahllamellen angebracht werden, welche den Magnet zusammensetzen müssen, nachdem man sie gesondert bis zur Sättigung magnetisirt hat. Der Magnetismus einer jeden von ihnen E wird verschwinden, indem er in diesem Anker einen gleichen und entgegengesetzt gerichteten Magneten erzeugt, der ihn neutralisiren wird. Allein dieser Magnetismus wird nur gebunden und nicht vernichtet sein und wenn die Anzahl der Lamellen n ist, so wird der Gesammtbetrag keine Grenze

haben; er wird gleich nE sein, die Tragkraft wird proportional der Anzahl der Lamellen vermehrt worden sein, sie wird gleich F, das immer grösser als f ist und die Differenz $F-f$ wird mit n wachsen.

Ich sagte eben, dass der Gesammtbetrag des Magnetismus jeder Lamelle durch den Anker gebunden ist. Das hat statt für die ersten Lamellen, nimmt aber ihre Anzahl zu, so reicht der Anker nicht mehr aus; eine gewisse Quantität Magnetismus wird nicht mehr gebunden und bleibt frei, sie nimmt progressiv zu, die Lamellen wirken gegenseitig auf einander ein, verlieren ihre Polarität und gelangen an einem neuen Grenzzustand an. Inzwischen hat F langsam zugenommen und bleibt sodann constant.

F ist eine obere Grenze der Tragkraft. Man wird sie messen durch das erste Abreissen des Ankers. Ist derselbe einmal abgerissen, so erhalten die Lamellen den vorhin gebundenen Magnetismus wieder; sie sind wieder ihrer gegenseitigen Einwirkung unterworfen, wie in dem Falle, wo man sie ohne diesen Anker auf einander gelegt hatte, sie entmagnetisiren sich sodann und jede nimmt die Ladung $e = \frac{M}{n}$ wieder an, das Bündel behält seine Quantität Magnetismus M bei und die Tragkraft ist wieder f geworden.

IV. Ist durch ein erstmaliges Abreissen die Tragkraft von F auf f zurückgeführt, so ändert sie sich durch das spätere Abreissen nicht mehr oder doch nur sehr wenig. Es ist möglich, sie von Neuem auf ihren Maximalwerth F zurückzubringen. Es genügt dazu, jeden Schenkel des Magneten mit einer Spirale von Leitungsdraht zu umgeben, den Anker an die Polflächen anzulegen und das Bündel wieder zu magnetisiren. Ich habe die Resultate, die man in diesem Falle erhält, bereits publicirt.

Ich hatte z. B. einen Magneten mit 14 aufeinandergelegten Hufeisen von 70 Centimeter Länge und einem Gewichte von 10 Kilogramm gebildet. Fünf reichten hin, um den Grenzmagneten zu erreichen, die neun anderen waren überflüssig. Trennte man sie, so fand man dieselben fast ganz entmagnetisirt, die Tragkraft f war gleich 300 geworden. Wurde das Bündel wieder mit angelegtem Anker magnetisirt, so wurde die Kraft F und gleich 700 Kilogramm, sie ward mehr als verdoppelt. Bei Magneten, die weniger die normale Grenze überschreiten, ist die Differenz zwischen F und f geringer, aber immerhin beträchtlich.

V. F ist also eine vorübergehende und unnütze Kraft, da sie beim ersten Abreissen verschwindet. Dagegen ist f eine permanente Kraft und drückt die wahre, beständig disponible Kraft des Magneten aus. Man muss trachten sie zu vermehren, man erreicht dies mittelst in bestimmter Weise angebrachter Armaturen.

Befestigen wir die beiden Armaturen nebeneinander in der Lage, welche sie einnehmen müssen, wenn der Magnet zusammengestellt sein wird, bringen wir sodann an ihnen nacheinander die gesondert magnetisirten Stahllamellen an, wie wir das vorhin mit dem Anker gethan haben. Würden sich diese Armaturen berühren, so würden sie dieselbe Wirkung haben, wie sie vorhin der Anker selbst hatte, d. h. sie würden den ganzen Magnetismus E einer jeden Lamelle binden. Trennt man sie allmälig immer mehr und mehr, so wirken sie noch in gleicher Weise, allein mit abnehmender Kraft. Sie binden nicht mehr den gesammten Magnetismus, sondern blos einen Theil desselben. Der übrig bleibende Theil geht an die äusseren Flächen. Die partiell entladenen Lamellen wirken auf einander ein, sie verlieren von ihrem ursprünglichen Magnetismus, allein sie verlieren weniger davon, als wenn die Armaturen nicht existirten und um so weniger, eine je grössere Ausdehnung diese Armaturen haben. Legt man sodann den Anker an ihnen an, so hat man eine Tragkraft F_1, die geringer als F, aber grösser als f ist.

VI. Um diese Ideen zu beweisen, habe ich einen Magnet aus 45 federförmig gewundenen Stahllamellen hergestellt, die ich nacheinander in zwei Eisenschuhe brachte, welche mittelst kupferner Bänder an einander befestigt waren. Sodann wurden sie von zwei Kupferdrahtspiralen umgeben. Unter den Eisenschuhen, deren Masse man vernachlässigen durfte, befanden sich zwei eiserne Armaturen, deren jede 4 Kilogramm wog; sie konnten beliebig angelegt oder weggenommen und auch in einem Schieber, in dem man sie gleiten liess, einander näher gebracht oder entfernt werden. Nachdem die Magnetisirung mit diesen Armaturen und dem Anker ausgeführt war, fand man $F = 380$ Kilogramm. War der Anker abgerissen und dann wieder angelegt worden, so fand man die Kraft $F = 260$ Kilogramm. Hierauf wurden die Armaturen weggenommen, wodurch die Magnetisirung auf ihr Minimum zurückging; man legte sie ohne neu zu magnetisiren wieder an und erhielt nicht die erste Kraft von 260 Kilogramm, sondern nur 170 Kilogramm. Wurde mit angelegten Arma-

turen, allein ohne Anker neu magnetisirt, so erhielt man wieder 260 Kilogramm. Die Wirkung der Armatur bestand also darin, die wahre und permanente Kraft von 170 auf 260 zu erhöhen.

Der folgende Versuch kann als Bestätigung des vorhergehenden dienen. Ein kleiner an einer Wagschale aufgehängter Versuchsanker wurde an einem Puncte der Polfläche in der Nähe des inneren Randes derselben angehängt und auf die gewöhnliche Weise die zum Abreissen dieses kleinen Ankers erforderliche Kraft gemessen. Nach einer vorgängigen Magnetisirung war sie gleich 1130 Gramm.

Man entfernte die Armaturen um 100 Millimeter und brachte sie dann wieder in ihre erste Lage; allein man fand die Kraft nicht mehr gleich 1130 Gramm, sie war auf 1075 Gramm reducirt. Man nahm die Armaturen weg und legte sie dann wieder an, die Kraft war neuerdings auf 925 Gramm reducirt. Man sieht also, dass eine Armatur die Kraft eines Magneten vermehren kann, allein nur wenn sie vor dem Magnetisiren angelegt wurde; bringt man sie an dem vollständig fertigen Magneten an, so schwächt sie ihn.

VII. Aus diesen Thatsachen kann man die Bedingungen herleiten, welche bei der Construction des besten Magneten vorherrschen müssen, der mit Stahllamellen von gegebener Länge hergestellt werden kann.

1) Der Anker wird den gesammten an der äusseren Oberfläche verbreiteten Magnetismus binden müssen. Man muss ihm zu diesem Behufe eine hinreichend grosse Masse geben.

2) Ist diese Masse gegeben, so wird man die Anhängungsfläche bis zum Augenblicke vermindern müssen, in dem man die geringe Quantität freien Magnetismus, welche beim Anlegen des Ankers am Magneten noch vorhanden ist, zunehmen sieht.

3) Ist die Länge und Breite der Lamellen bestimmt, so muss ihre Anzahl gross genug sein, um etwas freien Magnetismus am Magneten zur Erscheinung zu bringen, nachdem der Anker angelegt ist. Ist diese Anzahl geringer, so ist die Grenze der permanenten Kraft nicht erreicht; wird sie überschritten, so gewinnt man nichts mehr.

4) Die Armaturen müssen stark, gut anliegend und sehr genähert sein; in keinem Falle darf man ihr Gewicht übertreiben.

VIII. Nachdem diese Bedingungen festgestellt sind, kann ich angeben, wie der Magnet construirt wurde, den ich der Academie vorlege. Zwei Armaturen von je 16 Kilogramm Gewicht sind einander

gegenüber aufgestellt und durch starke Kupferbänder mit einander verbunden, ihre Breite beträgt 11 Centimeter, ihre horizontalen und nach abwärts gerichteten Polflächen stehen 12 Centimeter von einander ab, ihre Dicke beträgt 20 Milimeter, sie sind gut zugerichtet und haben einen cubischen Anker aus weichem Eisen, der 13 Kilogramm wiegt. Von diesen Flächen aus gehen die Armaturen in die Höhe, wobei sie sich von einander entfernen, immer dünner werden und in einen scharfen Rand auslaufen.

Sie sind oben durch eine Stahllamelle von 1,^{m}20 vereinigt, die mittelst Schrauben an ihrer äusseren Fläche befestigt ist und die sich frei in die durch ihre Elasticität bestimmte Form biegt. Alle die übrigen vorgängig magnetisirten Lamellen sind im Innern derselben angebracht, eine nach der andern; sich selbst überlassen fügen sie sich eng aneinander an, wobei ihre Enden an den Armaturen anliegen; in dem Maasse als ihre Anzahl zunimmt, wächst die Tragkraft in folgender Weise

n	F	F_1	$F-F_1$
20	175$^{\text{Kgr.}}$	154$^{\text{Kgr.}}$	21
30	316	280	46
40	460	376	84
45	558	460	98
50	600	475	125
55	680	495	185

Die Tragkraft F, wie man sie beim ersten Abreissen misst, ist immer grösser als F_1, welches die permanente Kraft darstellt; die Differenz nimmt zuerst nicht gar rasch zu bis zu 40 oder 45 Lamellen. In diesem Momente sieht man, wie eine beträchtliche Menge freien Magnetismus an den Enden des Magneten und des Stromes zum Vorschein kommt. Von 40 bis 55 nimmt die Kraft, wie oben auseinander gesetzt wurde, auch noch zu, allein F_1 wird fast ganz constant und erreicht etwa die Grenze von 500 Kilogramm, eine Grenze, die man nicht überschreiten kann für die gegebenen Armaturen, den Anker und den Stahl. Begnügt man sich mit 45 Lamellen, so beträgt das Gesammtgewicht 46 Kilogramm und man sieht, dass der Magnet 460 Kilogramm oder das Zehnfache seines Gewichtes trägt. Allein die relative Qualität des Apparates nimmt rasch ab, wenn man die Anzahl der Lamellen noch weiter vermehrt, da sein Gewicht rascher zunimmt als seine Stärke.

Ueber einige Anwendungen der Luftreibung bei Messinstrumenten.

Von

A. Töpler,

Professor in Graz.

(Wiener Academischer Anzeiger 1873 Nr. XVII.)

Bei den zahlreichen feinen Messinstrumenten, bei welchen sehr leicht bewegliche Massensysteme unter dem Einflusse gegebener Kräfte in stabilen Gleichgewichtslagen nach einer Reihe von Schwingungen einstehen, hat die dämpfende Wirkung der Luftreibung bisher meistens die Rolle eines zufälligen und wenig beachteten Beruhigungsmittels gespielt. Einige von mir construirte Apparate haben mich nun überzeugt, dass die Luftreibung zu einem ebenso zuverlässigen und wirksamen Hilfsmittel für die Vereinfachung der Beobachtungen gemacht werden kann, wie es z. B. die elcktromagnetische Reibung bei Spiegelgalvanometern mit Metalldämpfern ist.

Die dämpfende Wirkung der Luft auf ein schwingendes Massensystem wird sehr auffallend, wenn man das bewegliche System in einem Hohlraume von solcher Form schwingen lässt, dass die darin eingeschlossene Luft an der Bewegung mit möglichst grosser Reibung theilzunehmen gezwungen ist. Es handelt sich nur darum, diese allgemeine Bedingung in einer für die sonstigen Zwecke der Beobachtung günstigen Weise zu erfüllen. Ich will an dieser Stelle zwei besondere Formen der Luftdämpfung beschreiben, welche sich vollkommen bewährt haben und welche ich als Schema für alle ähnlicheu Fälle empfehlen kann.

1. Regulirbare Luftdämpfung für Magnetstäbe, Spiegelgalvanometer, Drehwagen etc.

Unter dem am Faden aufgehängten Magneten denke man sich eine feststehende cylindrische Schachtel mit ebenem Deckel und Boden.

In dieser Schachtel schwebt in verticaler Stellung eine leichte rechteckige Platte aus Aluminiumblech, Glimmer, steifem Papier oder dgl. Die Dimensionen dieser Platte seien so gewählt, dass sie den Verticalschnitt der Schachtelhöhlung bis auf einen Spielraum von wenigen Mlm. ausfüllt. Durch eine centrale Oeffnung im Deckel der Schachtel, durch welche ein Stift frei hindurchgeht, ist die Platte (Dämpferplatte) mit dem Magneten fest verbunden; die Platte habe beim Einspielen des Magneten etwa wie dieser die Südnordrichtung.

Schwingt nun das System, so erfolgt zunächst eine nur geringe Dämpfung. Der von der Platte mitgeführte Luftkörper hat wesentlich nur Einfluss auf das Trägheitsmoment des Systemes. Es tritt aber sofort eine sehr kräftige Dämpfung ein, wenn man durch geeignete Schlitze in der Cylinderwand der Schachtel von beiden Seiten verticale Querwände und zwar in der Westostrichtung einführt und diese mit ihren Rändern der Mitte der schwingenden Dämpferplatte gehörig nähert. Es gelingt durch dieses Mittel leicht, Magnetstäbe so zu dämpfen, dass sie bei Ablenkungsversuchen ohne Schwingung einstehen. Der Grad der Dämpfung kann durch Verschiebung der Querwände in sehr weiten Grenzen beliebig geändert werden. Der Erfolg ist leicht erklärlich, denn der Cylinderraum wird durch Dämpferplatte und Querwände in 4 Quadranten getheilt, und es ist, wenn das Nordende des Magneten nach Osten schwingt, die Luft gezwungen, aus den Quadranten NO. und SW. in die Quadranten NW. und SO. zu treten, und umgekehrt, wobei sie die spaltförmigen Zwischenräume an den Rändern der Platte und der Querwände mit grosser Reibung durchströmen muss.

Bei grösseren Dimensionen der Vorrichtung wird selbst bei verhältnissmässig bedeutendem Spielraum der Dämpferplatte eine kräftige Wirkung erzielt, wie folgende Zahlen zeigen, welche zugleich erkennen lassen, dass die Schwingungen des obigen Dämpferapparates ein ganz constantes Decrement haben. Ein kleines Magnetometer, für Vorlesungszwecke benutzt, erhielt eine gut cylindrische Dämpferschachtel von 95 Mlm. Durchmesser und 53 Mlm. Höhe. Der Magnet (sammt Zubehör) wog etwa 7 Gr. Die Dämpferplatte stand von der Schachtel und den Querwänden allseitig etwa 7 Mlm. ab, hatte also einen Spielraum von 14 Mlm. Für 8 aufeinander folgende Schwingungsbögen fanden sich folgende Verhältnisszahlen nebst den zugehörigen logarithmischen Decrementen aus Fernrohrbeobachtungen:

Schwingungsbögen	Logarithmisches Decrement
607	
	0,201
382	
	0,200
241	
	0,202
151	
	0,201
95	
	0,200
60	
	0,199
38	
	0,200
24	

Als die Querwände aus der Dämpferschachtel ganz entfernt waren, betrug das Decrement nur 0,044, nach Entfernung der Schachtel 0,029. Wurde die Dämpferplatte so gross gewählt, dass ihre Ränder nur etwa 3 Mlm. von den Wänden entfernt waren, so kam der Magnet nach einer Schwingung zur Ruhe.

Das logarithmische Decrement ist, wie man sieht, vollkommen constant, obgleich bei dem obigen Versuch die Schwingungsbögen im Verhältniss 25 : 1 abnahmen. Daher ist diese Luftdämpfung bei Galvanometerbeobachtungen etc. in derselben Weise zu verwerthen, wie die bekannte Metalldämpfung. Uebrigens habe ich dieselbe Form der Luftdämpfung auch in kleinem Maassstabe ausgeführt und zweckentsprechend gefunden. Für kleine Galvanometer dürfte sich eine Combination der Luftdämpfung mit der Dämpfung durch Metallmassen empfehlen.

Ich will an dieser Stelle bemerken, dass ich obigen Dämpferapparat auch zu Messungen über die Luftreibung selbst bestimmt habe, zu welchem Zweck er sich wohl besser eignen dürfte, als ältere Luftreibungsapparate. Der ganze Apparat kann hermetisch verschlossen und zugleich als Luftthermometer eingerichtet werden und lässt dann, in successive erwärmtes Wasser getaucht, die Abhängigkeit der Luftreibung von der Temperatur studiren. Auch kann derselbe leicht mit verschiedenen Gasen gefüllt werden. Ich behalte mir beabsichtigte Messungen derart vor.

2. Spiegellibelle mit regulirbarer Luftdämpfung.

Um bei genauen Kathetometerbeobachtungen die lästige und zeitraubende Anwendung sehr empfindlicher Röhrenlibellen zu umgehen, habe ich schon vor zwei Jahren am Schlitten des Kathetometers ein zweites, nach abwärts gebrochenes Hülfsfernrohr angewendet, durch

welches der Beobachter in einen künstlichen Quecksilber-Horizont oder in einen am Fusse des Kathetometers fest angebrachten Collimator blickt. Es ist dadurch möglich, die genaue Parallelführung des Schlittens durch die Coïncidenz zweier Fadenkreuze zu controliren, was bekanntlich ein sehr empfindliches Hülfsmittel ist.

Die vorzüglichen Eigenschaften der Luftdämpfung erlauben es nun, für die Horizontalstellung der Fernrohraxen bei physikalischen und geodätischen Instrumenten an Stelle der Libelle ein noch feineres Mittel zu substituiren.

Hängt man einen kleinen, ebenen, versilberten Glasspiegel (etwa von quadratischer Form mit 30 Mlm. Seite) an zwei benachbarten Ecken mittels kurzer Coconfäden bifilar auf, so macht derselbe bei den geringsten Erschütterungen oder Luftströmungen Pendel- und Bifilarschwingungen, welche man am Spiegelbilde eines entfernten Objectes durch ein Fernrohr leicht wahrnimmt. Dieser äusserst bewegliche, vertical hängende Spiegel erweist sich nun überraschend vollkommen gedämpft, wenn man denselben in einen sehr schmalen, trogartigen Kasten aus planparallelen Glasplatten hineinhängen lässt, welcher so enge ist, dass die beiden Flächen des Planspiegels von der Vorder- und Hinterwand um etwas weniger als 1 Mlm. entfernt sind. Obiger Spiegel ist bei dem Abstande 0,6 Mlm. seiner Flächen von den Trogwänden so stark gedämpft, dass das durch die vordere Glaswand mit dem Fernrohr beobachtete Spiegelbild nicht nur nicht schwingt, sondern dass nach einem gewaltsam herbeigeführten Ausschlage des Spiegels die Rückkehr in die Ruhelage so langsam erfolgt, als ob sich der Spiegel in einer zähen Flüssigkeit bewegte. Dabei steht das mit dem Fernrohr beobachtete Spiegelbild nach jeder Abweichung genau wieder im Fadenkreuze ein, wenn nicht an der Aufhängevorrichtung grobe Veränderungen stattgefunden haben. Die Erscheinung ist leicht erklärlich, denn die Luft des Dämpferkastens muss bei kleinen Verschiebungen oder Drehungen der Spiegelebene in dem engen, plattenförmigen Raume vor und hinter dem Spiegel verhältnissmässig grosse Wege unter grosser Reibung zurücklegen.

Auch diese Art der Luftdämpfung ist regulirbar, denn der Spiegel erweist sich am wenigsten gedämpft, wenn er in der Mitte des Dämpferraumes hängt. Die Dämpfung wächst mit der Annäherung des Spiegels an die Wände des Dämpferraumes.

Es kann ein so gedämpfter Spiegel sofort die Rolle einer Libelle spielen, da er rasch und sicher in einer bestimmten (wenn auch nicht genau verticalen) Ebene einspielt. Man denke sich den Dämpferkasten mit dem frei hängenden Spiegel darin auf einer Fussplatte befestigt. Diese Fussplatte trage zugleich ein kleines Fernrohr, welches für Parallelstrahlen eingestellt ist. Dasselbe wird auf den gedämpften Spiegel gerichtet, so dass im Sehfelde das Spiegelbild des Fadenkreuzes erscheint, zu welchem Zwecke das Ocularrohr mit passender Beleuchtungsvorrichtung versehen ist. Durch Correctionsschrauben können die Fadenkreuze zur Deckung gebracht werden. Diese Coïncidenz bleibt nun ungestört, wenn man das ganze System um die Lothlinie als Axe dreht. Oder aber, wenn man die Fussplatte, welche das System trägt, auf irgend einer ebenen Unterlage umlegt, so beweist das jedesmalige Einspielen der Fadenkreuze die Horizontalität der Unterlage. Die Vorrichtung, welche sich übrigens für gewöhnliche Zwecke sehr vereinfachen lässt, ist also wie eine Libelle zum Verticalstellen von Drehaxen, zum Horizontalstellen von Fernrohren etc. geeignet.

Der Apparat wird zugleich ein feines Winkelmessinstrument, wenn man die Correctionsschrauben mit getheilten Köpfen versieht, oder wenn man eine feine Vertical-Scala seitlich im Sehfelde anbringt, deren Spiegelbild man auf das Fadenkreuz fallen lässt, anstatt dieses auf sich selbst zu spiegeln. Eine Vorrichtung der letzteren Art habe ich geprüft und gefunden, dass damit bei nur fünfmaliger Fernrohrvergrösserung noch auf 3 Secunden justirt werden kann.

Die beiden mitgetheilten Beispiele dürften genügen, um zu zeigen, wie auch in vielen andern Fällen die Luftdämpfung als ein gewiss sehr zu empfehlendes Hülfsmittel anzuwenden wäre.

Der Leidenfrost'sche Versuch im Erd-Innern als Erklärung der Ursache der Erdbeben und der vulcanischen Erscheinungen an der Erdoberfläche.

Von

Ph. Carl.

1. Erhitzt man eine Platinschaale über eine gewisse Temperatur, so kann man bekanntlich auf dem glühenden Metalle Wasser im flüssigen Zustande erhalten; der Wassertropfen kann dabei, wenn man einigermaassen vorsichtig zu Werke geht, eine ziemlich beträchtliche Grösse erlangen.

Hört man auf, der Platinschaale Wärme zuzuführen, so erkaltet dieselbe und das Wasser wird plötzlich in Dampf verwandelt, wobei übrigens das Metall noch immer stark glühend ist.

2. Da die Temperatur mit der Tiefe unter der Erdoberfläche im Mittel für je 100 Fuss um 1° zunimmt, so wird man bei relativ geringer Tiefe schon auf eine Temperatur kommen, welche ebenso hoch ist als die der überhitzten Metallschaale.

Kommt an eine solche überhitzte Stelle Wasser, so wird dasselbe zunächst den Leidenfrost'schen Tropfen in grossartigem Maassstabe bilden.

Bringt aber das Wasser eine niedrige Temperatur mit, so kühlt es allmählig die überhitzte Stelle unter die Grenztemperatur ab — es findet eine Dampfexplosion statt.

3. Nachdem so die Möglichkeit einer plötzlichen gewaltigen Dampfexplosion unter der Erdoberfläche dargethan ist, haben wir blos die Wirkungen solcher Explosionen weiter zu verfolgen.

Vor Allem haben wir es als Folge der Explosion mit einem heftigen Stosse gegen die Erdrinde zu thun. Um den Ort herum, an

welchem der Stoss erfolgte, wird sich die Erdrinde gegen diesen Stoss verhalten, wie eine zähe Flüssigkeitsmasse, in der wir an irgend einer Stelle das Gleichgewicht stören — wir haben eine Wellenbewegung um dieses Centrum. Es ist so die Entstehung eines Erdbebens und die wellenförmige Fortpflanzung desselben begreiflich. Es ist ferner begreiflich, wie bei der eigenthümlichen Zusammensetzung der Erdrinde die ideale Form der Welle auf die mannigfachste Weise modificirt werden kann. Wer den oben sub 1 angeführten Versuch kennt, sieht weiter ein, wie unter Umständen mehrere Explosionen und damit mehrere Erdstösse einander folgen können.

4. Ist die Dampfexplosion im Innern stark genug, um den darüber befindlichen Theil der Erdkruste gleichsam über die Elasticitätsgrenze hinaus zu afficiren, so haben wir als Folge davon eine bleibende Erhebung — einen Erhebungskegel. Kommt an derselben Stelle eine neue, hinreichend starke Dampfexplosion hinzu, so wird sich zunächst eine Oeffnung — ein Krater — bilden.

5. Es wurde für einzelne leicht schmelzbare Körper bekanntlich nachgewiesen, dass der Schmelzpunct derselben eine beträchtliche Erhöhung erfährt, wenn wir einen grossen Druck auf dieselben ausüben.[1])

Dürfen wir nach Analogie schliessen, dass diese Erhöhung des Schmelzpunctes mit zunehmendem Drucke auch für schwerer schmelzbare Körper stattfindet, so hätten wir bei dem hohen Drucke, der in grösseren Tiefen unter der Erdoberfläche stattfinden muss, ein Moment gegeben, das beweisen könnte, dass ein flüssiger Erdkern gar nicht möglich wäre.

6. Allein selbst für den Fall, dass die Materialien, welche später die Eruptionsproducte eines thätigen Vulcanes bieten, ursprünglich fest waren, begreift man, dass nach der Bildung des Kraters der Druck auf die im Innern befindlichen Körper vermindert wird. Es reicht dann die Temperatur hin, um die Massen zu schmelzen — es bildet sich flüssige Lava.

Kommt eine neue Dampfexplosion hinzu, welche gross genug ist,

---

1) Nach den Versuchen von Hopkins ist der Schmelzpunct des Schwefels bei

1 Atmosphäre	. . . .	107,0° C.
519 „	. . . .	135,2 „
792 „	. . . .	140,5 „

um die über dem Dampfe befindliche Lava auszuschleudern, so haben wir eine Eruption.

Die Bildung der Eruptionskegel und Eruptionskrater ergibt sich von selbst.

7. Woher kommt das zu den Dampfexplosionen im Erdinnern erforderliche Wasser?

Der Umstand, dass die Vulcane fast ausschliesslich in der Nähe des Meeres gelegen sind, führt uns dahin, zu behaupten, dass es das Meerwasser wenigstens in vorwiegendem Grade sein wird.

Und wirklich begreifen wir sehr gut, wie das Wasser vom Meere aus durch Spalten etc. in die feste Erdkruste eindringen und so an Stellen gelangen kann, die heiss genug sind, um das Leidenfrost'sche Phänomen und die darauf folgende Dampfentwicklung zur Entstehung zu bringen.

Ist der Process einmal eingeleitet, so folgt, dass an derselben Stelle, da die Bedingungen gegeben sind, wiederholte Dampfexplosionen eintreten können. Wir haben die Erdbebenheerde und die Wiederholung der vulcanischen Eruptionen auf ihre Ursache zurückgeführt.

Die vorstehenden Sätze sollen übrigens blos als eine Untersuchungshypothese aufgestellt sein, die wenigstens den Vorzug hat, dass sie auf einer beobachteten Thatsache basirt.

8. Es ist mir, nachdem ich die vorstehenden Sätze längst aufgestellt hatte, eine Stelle in „Boutigny's Studien über die Körper im sphäroidalen Zustande, deutsch v. R. Arendt pag. 49" bekannt geworden, die man als Vorläufer obiger Erklärung annehmen könnte und die ich deshalb noch beifügen will. Am angeführten Orte heisst es nämlich: Ich lasse hier die Mittheilung eines Ereignisses folgen, welches zeigt, dass das Phänomen, das uns beschäftigt, auch im grossen Maassstabe eintreten kann und dass es eine wichtige Rolle auf der Oberfläche und im Innern unserer Erde spielen müsse. Wir sehen eine bedeutende Wassermenge explodiren, nachdem sie mit einer beträchtlichen Menge geschmolzener Lava in Berührung gewesen war. Eruption des Aetna. . . . . Die Lava hatte sich auf einer Vertiefung angesammelt, wo sich Wasser befand, und daselbst einen hervorragenden Hügel gebildet; eine grosse Zahl Neugieriger und viele Arbeiter, die mit Holzschlagen beschäftigt waren, hatten sich ver-

sammelt, als plötzlich der Dampf des zum Sieden gekommenen Wassers und die im Innern der Lavamasse comprimirten Gase eine Eruption bewirkten. Mehr denn sechzig Personen wurden durch die brennenden und ätzenden Dämpfe, wie durch die mehr als 150 Meter hinweggeschleuderten glühenden Lavaklumpen verbrannt oder getödtet. Wagen, Pferde, Maulthiere, welche Reisenden angehört hatten, fanden sich ohne Herren, und es war unmöglich die Todten zu zählen und ihre Namen zu erfahren, da der grösste Theil unter glühendem Sande, Lava oder Trümmern, die durch die Explosion umhergeworfen waren, begraben lag.

Kleinere Mittheilungen.

Ueber das Füllen des Cartesianischen Tauchers.

Von Prof. Bauer in Carlsruhe.

Frick (in seiner physik. Technik) und Weinhold (in seiner Vorschule der Experimentalphysik) empfehlen, um in einen Cartesianischen Taucher die genügende Wassermenge zu bringen, die Luft durch Erwärmen theilweise auszutreiben und den Schwimmer hierauf mit der offenen Spitze unter Wasser zu tauchen. Ich habe gefunden, dass dieses Verfahren, oder auch die Anwendung einer Luftpumpe, durch eine weit einfachere Methode ersetzt werden kann, die in Folgendem besteht.

1) Fülle den zu den Taucherversuchen dienenden Cylinder mit Wasser, setze den leeren Schwimmer ein (das feine Röhrchen der Hohlkugel nach abwärts), verschliesse den Cylinder durch eine Kautschukklappe und Bindfaden.

2) Uebe einen kräftigen Druck auf den Verschluss aus und neige, während der Druck andauert, den Cylinder, bis der Verschluss tiefer als der Boden des Gefässes liegt und der Schwimmer (die Röhre nach oben) steigt. Lässt jetzt sogleich, oder auch erst wenn der Schwimmer oben angekommen, der Druck nach, so entweichen Luftblasen aus dem bereits theilweise mit Wasser gefüllten Schwimmer. Hätte man den Cylinder völlig umgekehrt, so dass er wieder vertical, aber mit dem Verschluss nach unten, zu stehen gekommen wäre, so würde, zumal bei sofortigem Nachlass des Druckes, der Taucher mit grosser Geschwindigkeit gestiegen sein.

3) Bringt man jetzt den Cylinder wieder in die ursprüngliche, aufrechte Stellung, wobei auch der Schwimmer wieder seine Anfangsstellung einnimmt, und wiederholt das beschriebene Verfahren, so

gelingt es ganz bald, den Taucher mit so viel Flüssigkeit zu füllen, dass er, selbst nach völligem Umkehren des Cylinders, bei andauerndem Drucke gar nicht mehr, und bei Nachlass des Druckes nur noch äusserst langsam steigt; jetzt ist der Schwimmer zu seiner gewöhnlichen Benutzung geeignet.

4) Nach nochmaliger Wiederholung des angegebenen Verfahrens nützt auch der Nachlass des Druckes nichts mehr; der Taucher ist soweit gefüllt, dass er bei verkehrter Stellung des Cylinders unten liegen bleibt, wobei die Kugel auf dem Verschlusse ruht, die Röhre nach oben gerichtet.

5) Behält der Cylinder diese Stellung, und übt man mehrmals rasch nach einander einen Druck auf den Verschluss aus, so entweichen anfangs jedesmal beim Nachlassen noch Luftblasen, und es wird also eine noch vollständigere Füllung erzielt. Schliesslich aber wirkt dieses Mittel nicht mehr und eine kleine Luftblase bleibt in dem Taucher zurück; dieser Umstand hat indessen keine Bedeutung, da für die gewöhnliche Benutzung als Taucher der Schwimmer dann ohnehin schon zu viel Wasser enthält. Die Entleerung des Schwimmers geschieht am einfachsten durch Herausnahme aus dem Cylinder und durch kräftiges, stossweises Schütteln, wobei das offene Ende natürlich nach unten gerichtet sein muss.

Jahresmittel der seit 1840 an der Münchener Sternwarte angestellten magnetischen Beobachtungen.

(Aus den monatlichen Sendungen der Münchener Sternwarte, Beilage Nr. 11.)

Da die hiesigen magnetischen Beobachtungen einen dreissigjährigen Zeitraum umfassen, und wir überdiess in den Jahren 1840—60 Expeditionen nach verschiedenen Theilen von Europa ausgeführt haben, um die Unterschiede zwischen unseren Constanten und den Constanten auswärtiger Hauptpuncte zu bestimmen, so glauben wir, dass es denjenigen, die mit magnetischen Untersuchungen sich befassen, nicht ohne Interesse sein wird, hier die ganze Reihe der für München erhaltenen Jahresmittel zusammengestellt zu finden: dabei wäre zu bemerken, dass die Declinations- und Horizontal-Intensitäts-Mittel aus den täglichen Aufzeichnungen berechnet worden sind, bei der Inclination dagegen

das Verhältniss, welches wir zwischen den Inclinations- und der Horizontal-Intensitäts-Aenderungen (Wochenbericht Nro. 70) nachgewiesen haben, zu Hülfe genommen werden musste.

Jahr	Declination	Intensität	Inclination
1841	16°. 53',86		
1842	47,38	1,9282	65°. 16',7
1843	40,66	1,9344	10,9
1844	33,81	1,9362	9,2
1845	27,11	1,9383	7,3
1846	20,03	1,9417	4,1
1847		1,9438	2,2
1848	16. 5,98	1,9453	65. 0,8
1849	15. 58,22	1,9468	64. 59,4
1850	51,31	1,9499	56,4
1851	44,09	1,9544	52,2
1852	35,50	1,9519	54,5
1853	27,00	1,9578	49,0
1854	19,45	1,9614	45,6
1855	11,72	1,9639	43,3
1856	15. 5,41	1,9680	39,6
1857	14. 57,70	1,9706	37,2
1858	51,08	1,9730	34,8
1859	45,71	1,9754	32,6
1860	37,32	1,9770	31,1
1861	29,53	1.9798	28,
1862	22,60	1,9821	26,
1863	15,58	1,9851	23,5
1864	9,35	1,9878	21,0
1865	14. 1,92	1,9905	18,5
1866	13. 54,44	1,9940	15,2
1867	46,67	1,9973	12,1
1868	39,33	2,0013	8,4
1869	32,39	2,0033	6,5
1870	25,12	2,0051	4,8
1871	13. 18,57	2,0093	64. 0,9

Als Grundlage für die Inclinations-Constanten haben folgende Messungen gedient:

1845, 5	65⁰.	10′,0
1855, 3	64.	41,1
1858, 2	64.	40,4
1862, 7	64.	23,2
1866, 7	64.	16,8
1868, 7	64.	8,0

Die erste Bestimmung ist mit einem neuen Repsold'schen Inclinatorium, welches Kreil eben aus Hamburg erhalten hatte, ausgeführt worden, zu den vier folgenden Messungen wurde ein Inclinatorium von Meierstein mit vier Nadeln benützt, jedoch musste bei der Bestimmung von 1855 eine Nadel mit 12′ Abweichung, bei der Bestimmung von 1858 eine Nadel mit 12,4′ Abweichung ausgeschlossen werden; die letzte Bestimmung rührt von Hrn. Elagin her und ist eigentlich als Resultat der Vergleichungen mit Kew, Greenwich, Utrecht und Wien zu betrachten.

Die jährliche Periode der magnetischen Declination und Intensität.

(Aus den monatlichen Sendungen der Münchener Sternwarte, Beilage Nr. 15.)

Im Jahre 1846 haben wir uns mit der Untersuchung der jährlichen Periode der magnetischen Declination und Horizontal-Intensität beschäftigt und aus den an der hiesigen Sternwarte während der Jahre 1841—1845 ausgeführten stündlichen Beobachtungen als Resultat gefunden, dass eine jährliche Periode nicht erkennbar sei (Abhandlungen der Akademie der Wiss. V. Band I. Abth.). Im IV. Supplementbande zu den Annalen der Sternwarte kommt eine Bearbeitung der Horizontal-Intensitäts-Beobachtungen während der Jahre 1841—1858 vor, wobei für die jährliche Periode in absoluten Einheiten folgende Zahlenreihe sich ergab:

Januar	— 0,0004	Juli	+ 0,0002
Februar	— 0,0003	August	0,0000
März	— 0,0003	September	+ 0,0004
April	+ 0,0001	October	+ 0,0005
Mai	— 0,0001	November	0,0000
Juni	+ 0,0001	December	— 0,0003.

Auch in diesen Zahlen stellt sich keine regelmässige Periode heraus, obwohl der tiefere Stand im Winter und der höhere Stand im

Herbste Beachtung verdienen. In neuester Zeit haben wir, um die jährliche Periode der Declination zu untersuchen, die letzten 15 Jahrgänge vereinigt und folgende Reihe erhalten:

Januar	+ 0′,01	Mai	— 0′,10	September	— 0′,01
Februar	+ 0,03	Juni	— 0,24	October	+ 0,02
März	+ 0,18	Juli	— 0,07	November	— 0,22
April	+ 0,41	August	— 0,07	December	+ 0,09

Die stärkere positive Abweichung im April wie die negative Abweichung im November können kaum als zufällig betrachtet werden: andererseits fehlt die Regelmässigkeit, die bei einer jährlichen Periode vorhanden sein sollte, somit wird das Resultat, zu welchem wir gelangen, dahin gehen, dass wenn eine jährliche Periode vorhanden ist, sie bedeutenden Zufälligkeiten unterliegen muss, und nur einen ganz geringen Betrag haben kann.

Zu den vorhergehenden Rechnungen sind die Mittel der geraden Stunden von 8 Uhr Morgens bis 6 Uhr Abends benützt und durch Hinzufügung der aus den früheren stündlichen Beobachtungen abgeleiteten Correctionen auf wahre Tagesmittel reducirt worden.

Bei dieser Gelegenheit haben wir die Bemerkung gemacht, dass, um in den Monatmitteln der Declination die tägliche Periode fast ganz zu eliminiren, es ausreichend sein würde, die Mittel der beiden Stunden 8 Uhr Morgens und 1 Uhr Mittags zu nehmen und die constante Correction — 1′,26 hinzuzufügen: will man aber aus diesen beiden Stunden ein genaueres Resultat erhalten, so ist es nothwendig, noch folgende Correctionen anzubringen

Januar	+ 0′,01	Mai	+ 0′,21	September	— 0′,65
Februar	— 0,18	Juni	+ 0,25	October	0,00
März	— 0,08	Juli	+ 0,43	November	+ 0,31
April	— 0,41	August	— 0,16	December	+ 0,21

Electricität des Kautschuk.

Von Demochet.

An einem der feuchtesten Tage in der letzten Zeit hatte ich Gelegenheit, wahrzunehmen, dass die kleinen Gummibälle, wie sie als Spielzeug für Kinder dienen, bei der geringsten Reibung viel Electricität entwickeln, selbst wenn sie sich unter den ungünstigsten Um-

ständen z. B. in einem feuchten Raume befinden. Es kam mir der Gedanke, diese merkwürdige Eigenschaft zur Herstellung eines Electrophors zu verwerthen, bei welchem ich den Harzkuchen durch eine Kautschuckmembran ersetzte, die über einen Metallkreis von 80 Centimeter Durchmesser gespannt wurde. Der Erfolg überstieg meine Erwartungen. Denn es reicht hin, die innere Fläche der Membran kreisförmig mit der flachen Hand zu reiben und sie dann auf eine gut leitende Scheibe zu legen, hierauf die obere Fläche in gleicher Weise zu reiben, um mit einer Metallscheibe, die mit einer isolirenden Handhabe wie beim gewöhnlichen Electrophor versehen ist und 25 Centimeter Durchmesser hat, sehr glänzende Funken von 3 bis 5 Centimeter Länge zu erhalten. Man erhält die gleichen Wirkungen bei der feuchtesten Witterung, wenn man die Kautschuckmembran zuvor mässig erwärmt. Es ist bekannt, dass wenn man mit der Hand zwei auf einander gelegte Papierblätter, die man zuvor mässig erwärmt hat, reibt und sie dann im Dunkeln trennt, man sieht, dass sie stark electrisch geworden sind, indem zahlreiche Funken während der Trennung überspringen. Ich habe bemerkt, dass, wenn man so zwei Paare von electrisirten Papierblättern auf eine Metallfläche legt, man mit Vortheil den Harzkuchen ersetzen kann, allein die Wirkungen sind geringer als bei der Membran von vulcanisirtem sowohl als nicht vulcanisirtem Kautschuck. Les Mondes 24. Juli 1873.

Neue Versuche über die singenden Flammen.

Von Fr. Kastner.

(Comptes rendus LXXVI. p. 699.)

Bringt man zwei Flammen von zweckmässiger Grösse in eine Glasröhre, beide ein Drittel der Röhrenlänge vom unteren Ende entfernt, so vibriren sie im Einklang. Diess dauert so lange als die Flammen getrennt bleiben; so wie sie aber in Berührung gesetzt werden, hört der Ton sogleich auf.

Ich nahm eine Röhre von 0^m,55 Länge, 0^m,041 äusserem Durchmesser und 0^m,0025 Glasdicke. Zwei getrennte Wasserstoffgas-Flammen, aus zweckmässig construirten Brennern hervorkommend, 0^m,183 vom unteren Ende entfernt, gaben, so lange sie getrennt waren, das natürliche *f a*.

So wie man aber diese Flammen mittelst eines sehr einfachen Mechanismus einander nähert, wird der Ton plötzlich unterbrochen. Verändert man die Lage der Flammen, ohne sie zu nähern, bis über ein Drittel der Röhrenlänge, so nimmt der Ton ab, bis zur Mitte der Röhre, wo er gänzlich verschwindet; unterhalb dieses Punktes nimmt dagegen der Ton zu bis zum Viertel der Röhrenlänge. Nähert man an diesem Ort die Flammen einander, so hört der Ton nicht sogleich auf, vielmehr können die beiden Flammen fortfahren zu schwingen wie eine einzige Flamme.

Die Interferenz der singenden Flammen entsteht nur unter besonderen Bedingungen. Es ist nöthig, die Länge der Röhren in Harmonie zu setzen mit der Anzahl der Flammen. Die Höhe der Flammen übt nur eine begränzte Wirkung auf diese Erscheinung aus; aber die Gestalt des Brenners spielt eine wichtige Rolle dabei.

Die Gesammtheit der von mir seit zwei Jahren ausgeführten Versuche hat mich zur Construction eines musikalischen Instruments von ganz neuem, der menschlichen Stimme ähnlichen Klange geführt, welchem ich den Namen *Pyrophon* gegeben habe. Diess Instrument besteht aus drei Clavieren, die sich wie in der Orgel verknüpfen lassen; jede Taste des Claviers wird durch einen sehr einfachen Mechanismus in Communication gesetzt mit den Zuleitungsröhren der Flammen in dem Glasrohr. Wenn man die Tasten niederdrückt, trennen sich die Flammen und sofort entsteht der Ton; und so wie man den Druck aufhebt, nähern sich die Flammen und der Ton verschwindet sogleich.

Explosionen, erzeugt durch hohe Töne.

(Poggendorff's Annalen, Ergänzungsband VI. Stück 1.)

Ein grosser Theil der bekannten explodirenden Körper enthält mehr oder weniger Stickstoff. Der einfachste dieser Körper und zugleich einer der instabilsten ist die Verbindung des Jods mit dem Stickstoff. Der Jodstickstoff wird sehr leicht bereitet, wenn man fein gepulvertes Jod mit Ammoniakflüssigkeit übergiesst. Man filtrit hierauf, nimmt das Filtrum, während es noch feucht ist, aus dem Trichter, zerschneidet es in kleine Stücke und trocknet sie einzeln. Obgleich dieser Körper im feuchten Zustande ganz unschädlich ist, so detonirt er doch mit grösser Heftigkeit, sobald er trocken ist, bei der geringsten

Reibung. Aber, was das Merkwürdigste ist, diese heftige Zersetzung kann auch durch gewisse hohe Töne hervorgerufen werden.

Die HH. Champion und Pellet haben hierüber sehr interessante Versuche gemacht, namentlich folgende. Zwei Glasröhren von 15 Mm. Durchmesser und 2,4 Meter gesammter Länge werden mittelst eines Papierstreifens verbunden und auf jedes Ende bringt man ein Papierstückchen, welches 0,03 Grm. Jodstickstoff enthält. Wenn man eins dieser explodirenden Papierstücke verpuffen lässt, verpufft das andere gleichfalls.

Die Explosion des zweiten Papiers ist indess nicht durch den Luftdruck bewirkt. Man kann diess beweisen, wenn man ein kleines Pendel in die Röhre bringt. Diess Pendel wird durch die Explosion nicht mehr verrückt, als wenn man mit dem Munde stark in die Röhre bläst. Befestigt man solche Papiere an die Saiten eines Contrabasses, eines Violoncells oder eines Violons, so kann man erweisen, dass die tiefen Töne keine Wirkung ausüben, die hohen dagegen eine Detonation hervorrufen. Die sehr hohen Töne, welche man erhält, wenn man die Saiten unterhalb des Steges zupft, geben dasselbe Resultat.

Versuche mit chinesischen Temtams lieferten ähnliche Resultate. Die Instrumente von tiefen Tönen bewirkten keine Detonation, wohl aber beständig die von hohen. Zwei parabolische Hohlspiegel von $0^m,5$ Durchmesser wurden in $2^m,5$ Entfernung von einander aufgestellt. In den Brennpunct des einen Spiegels wurde eine kleine Menge Jodstickstoff gebracht, eben so in die Mitte des Abstandes beider Spiegel, endlich liess man in dem Brennpunct des zweiten etwas Nitroglycerin explodiren. Der Jodstickstoff im Brennpunct des ersten Spiegels verpuffte, der in der Mitte beider Spiegel blieb intact. Obgleich andere explodirende Körper, die in den Brennpunct des zweiten Spiegels versetzt waren, die nämliche Wirkung hervorbrachten, so war dieselbe doch nicht, wie man wohl glauben könnte, eine Folge der Wärme, weil 0,03 Grm. Nitroglycerin, welche nicht mehr Wärme als 0,9 Grm. Pulver entwickeln, eine Explosion erzeugen, die der von 8 bis 10 Grm. Pulver ähnlich ist.

Man schwärzte hierauf die Spiegel durch Kienruss. Alsdann brachte die Verpuffung von 10 Grm. Pulver keine Detonation des Jodstickstoffs hervor, während 0,03 Grm. Nitroglycerin immer noch hiezu ausreichten. (*Chronique de l'Industrie*, No. 52, 29. Januar 1873.)

Spectroscopische Beobachtungen des Zodiakallichtes, angestellt zu Palermo.

Von Piazzi Smyth.

Das Studium des Spectrums des Zodiakallichtes und seine Vergleichung mit dem Spectrum des Nordlichtes war schon der Gegenstand von Untersuchungen mehrerer Astronomen; allein diese Untersuchungen waren stets mit Instrumenten ausgeführt, die für verschiedene Zwecke construirt und wenig geeignet waren für das Studium eines so schwachen Lichtscheines wie der ist, den man zur Zeit der Aequinoctien in der Richtung der Ebene des Ekliptik wahrnimmt. Die Untersuchungen von Piazzi Smyth waren mit einem besonderen Instrumente angestellt, wobei ihm überdies die besondere und wohl bekannte Durchsichtigkeit des sicilianischen Himmels zu statten kam. So hat er constatirt: 1) dass mit einem engen Spalte das Spectroscop keine besondere Art von einem Spectrum erkennen lässt. Dies beweist, dass die Lichtstrahlen des Zodiakallichtes durch ein Prisma nicht in eine kleine Anzahl heller Linien oder Streifen aufgelöst werden können (wäre dies der Fall, so würden einige dieser Linien selbst mit einem engen Spalte gesehen werden), sondern dass sie ein sehr schwaches continuirliches Spectrum geben; 2) dass man mit einem breiten Spalte einen kleinen Theil eines continuirlichen Spectrums sieht, der um so heller ist, je breiter der Spalt wird; 3) dass dieser Lichtstreifen an seinen Rändern nicht scharf begrenzt ist und dass seine grösste Lichtstärke etwa einer Wellenlänge 5350 entspricht. Diese grösste Lichtstärke correspondirt also ziemlich genau mit der hellen Linie im Spectrum der Corona bei Finsternissen, die 5322 als Wellenlänge hat; sie ist sehr verschieden von der Hauptlinie im Spectrum des Nordlichtes, deren Wellenlänge 5579 beträgt. Les Mondes, 14. Août 1873.

---

46. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte.

Die Herren Geschäftsführer der 46. Naturforscher-Versammlung hatten die Güte, uns eine Einladung zu dieser Versammlung zuzusenden; wir erlauben uns daraus unseren Lesern Folgendes mitzutheilen.

Die diesjährige Versammlung findet am 17. bis 24. September in **Wiesbaden** statt. Das Anmeldebureau befindet sich im Taunus-Hotel gegenüber den Bahnhöfen und ist vom 15. September an geöffnet. Bezüglich der Wohnungen hat man sich an Herrn **Dr. Alefeld, Louisenstrasse 33,** zu wenden.

Ueber die Bestimmung des Temperatur-Coefficienten von Stahlmagneten.

Von

H. Wild.

(Aus dem Bulletin der Petersburger Academie vom Herrn Verfasser mitgetheilt.)

Der Einfluss der Temperatur auf den Magnetismus der Stahlmagnete ist ein so bedeutender, dass er bei genauern magnetischen Messungen stets in Betracht gezogen werden muss und daher die Aufstellung guter Methoden zur Bestimmung desselben sowie die Erforschung der bezüglichen Gesetze zu den wichtigsten Vorbedingungen der letzteren gehören. Ganz besonders sind es aber die Messungen über die Intensität des Erdmagnetismus, welche eine genaue Kenntniss dieses Einflusses der Temperatur verlangen. Obschon nun bereits vielfache Untersuchungen in dieser Richtung gemacht worden sind, so scheint mir doch der gegenwärtige Zustand unserer bezüglichen Kenntnisse durchaus ungenügend. Am ausführlichsten und gediegensten findet man den letztern in Lamont's Handbuch des Magnetismus (XV. Band der Allgem. Encyclopädie der Physik) Capitel XII dargestellt. Diese Zusammenfassung allein zeigt schon, wie viel Unsicherheit auf diesem Gebiete noch besteht, der Mangel wird aber noch viel fühlbarer und auffälliger, wenn wir seinen störenden Einfluss auf die Genauigkeit der magnetischen Messungen etwas eingehender betrachten, als dies bis jetzt geschehen ist. Ich bin auf eine solche Betrachtung bei der Reorganisation der erdmagnetischen Beobachtungen im physikalischen Central-Observatorium hingeführt worden, wobei ich allerdings zunächst nur die, unmittelbar die Intensitätsbestimmung des Erdmagnetismus bezüglichen Verhältnisse untersuchte. Da sich mir indessen dabei zugleich eine im Vergleich zu den bisher gebräuchlichen viel genauere Methode zur Bestimmung des Temperatur-Coefficienten der Magnete ergab, so dürfte die Mittheilung jener Betrachtungen und der daran sich anknüpfenden Untersuchungen auch ein allgemeineres Interesse haben.

Bei absoluten Messungen der Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus nach der Gauss'schen Methode können die Beobachtungen leicht so eingerichtet werden, dass der Einfluss der Temperatur auf das magnetische Moment des angewandten Magneten nur eine Correction zweiter Ordnung bedingt. Da nämlich das magnetische Moment desselben aus dem Resultat der Schwingungs- und Ablenkungsbeobachtungen herausgeht, so braucht man nur darauf zu sehen, dass bei einer nahezu gleichen Temperatur desselben diese beiderlei Beobachtungen erfolgen, um jenen Einfluss auf das letztere unmerklich zu machen. Wenn man, wie üblich, Schwingungsbeobachtungen vor und nach den Ablenkungsversuchen anstellt, so ist dieser Bedingung in der Regel schon ohne Weiteres so genügt, dass die übrig bleibende Correction sehr gering wird und also auch nur eine ungefähre Kenntniss des Temperatur-Coefficienten erheischt.

Nehmen wir der Einfachheit halber vor der Hand an, dass die Veränderung des magnetischen Moments M des Magnetstabes mit der Temperatur blos eine lineare Function der letztern sei oder mit andern Worten die Grösse des Temperatur-Coefficienten μ unabhängig vom absoluten Werth der Temperatur t sei, so hat man die einfache Relation:

$$M_t = M_0 \, (1 - \mu t).$$

Wird nun die Schwingungsdauer T dieses Stabes bei einer Temperatur t_1 desselben gemessen, so gilt dafür die Gleichung:

$$H \, . \, M_0 \, (1 - \mu t_1) = \pi^2 \, . \, N \, . \, T^{-2}, \quad . \; . \; . \; . \quad (1)$$

wo H die Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus und N das Trägheitsmoment des Magneten darstellen.

Lässt man darauf denselben Magneten auf einen zweiten beweglichen Magneten so ablenkend einwirken, dass er dabei in der Senkrechten auf dem magnetischen Meridian durch den Mittelpunct des letztern liegt, und beobachtet bei einer Temperatur t_2 des erstern die Ablenkung v des letztern aus dem magnetischen Meridian, so ist die Gleichgewichtsbedingung:

$$H \, . \, M_0^{-1} \, (1 - \mu t_2)^{-1} = 2 \, . \, E^{-3} \operatorname{tang} v^{-1}, \quad . \; . \quad (2)$$

wo E die Entfernung der Mittelpuncte beider Magnete. Aus 1) und 2) aber folgt mit Rücksicht darauf, dass μ eine kleine Grösse ist, hinlänglich genau:

$$H = \sqrt{\frac{2 \, . \, \pi^2 \, . \, N}{E^3 \, . \operatorname{tang} v \, . \, T^2 \, [1 - \mu \, (t_1 - t_2)]}} \, . \quad . \; . \; . \quad (I)$$

Setzen wir nun in diesem Ausdruck die Differenz zwischen den Mitteltemperaturen bei den Ablenkungs- und Schwingungsbeobachtungen:

$$t_1 - t_2 = \delta,$$

differentiren ihn dann einmal nach diesem δ und sodann nach μ als Variablen, so erhalten wir ohne Rücksicht auf die Vorzeichen wieder mit genügender Annäherung:

$$d\delta = dH \frac{2}{H \cdot \mu} \quad \text{(II)}$$

$$d\mu = dH \frac{2}{H \cdot \delta}, \quad \text{(II')}$$

woraus wir die einer gewissen Fehlergrenze dH in der Bestimmung der Horizontal-Intensität entsprechenden, zu tolerirenden Fehler $d\delta$ und $d\mu$ in der Kenntniss der Temperaturdifferenz und des Temperatur-Coefficienten ableiten können.

Man pflegt gewöhnlich die in absolutem Maasse nach Gauss'schen Einheiten (Millimeter, Milligramme) ausgedrückte Horizontal-Intensität bis zur 4ten Decimale anzugeben. Wir wollen demgemäss hier und im Folgenden als zu erstrebende Genauigkeitsgrenze bei der Bestimmung der Horizontal-Intensität setzen:

$$dH = \pm 0{,}0001,$$

was im mittlern Europa in runder Zahl dem $\frac{1}{20000}$ Theil des ganzen Werthes und nach Lamont's magnetischen Karten daselbst einer Ortsveränderung um 200 Meter in der Richtung von Süd nach Nord (7″ Breitendifferenz) entspricht. Ob diese Genauigkeit zur Zeit wirklich erreicht werden könne, lasse ich vor der Hand noch dahin gestellt.

Nehmen wir nun für H den zur Zeit in St. Petersburg stattfindenden Werth der Horizontal-Intensität, nämlich:

$$H = 1{,}630$$

und setzen den Temperatur-Coefficienten des Magneten für 1^0 C. in runder Zahl:

$$\mu = 0{,}00100,$$

so ergibt sich nach II.

$$d\delta = \pm 0^0{,}1227.$$

Wenn also die Temperaturdifferenz bei den Schwingungs- und Ablenkungsbeobachtungen nur $0^0{,}1$ C. beträgt, so dürfen wir ohne merkliche Beeinträchtigung der Genauigkeit des Resultats die Aenderung des Stabmagnetismus mit der Temperatur ganz ausser Acht lassen.

Nehmen wir dagegen an, es sei $\delta = 20^0$, so finden wir aus II′, für den zu tolerirenden Fehler in der Kenntniss des Temperatur-Coefficienten:

$$d\mu = \pm 0{,}00000613.$$

In diesem Falle also, auf den wir später der Vergleichung halber zurückkommen werden, ist es bereits nothwendig, den Temperatur-Coefficienten bis zu 0,6 % seines ganzen Betrags genau bestimmt zu haben.

Eine im Allgemeinen viel genauere Kenntniss des Einflusses der Temperatur auf die Magnete wird gefordert, wenn die Horizontal-Intensität aus blossen Schwingungsbeobachtungen eines Magneten abgeleitet werden soll, wie dies häufig auf Reisen geschah und noch geschieht, oder auch nach dem neuesten Vorschlage von W. Weber und der Ausführung desselben von F. Kohlrausch[1]) nur durch Ablenkungsbeobachtungen bestimmt wird oder endlich ihre Variationen vermittelst des Bifilar-Magnetometers beobachtet werden sollen.

Diese drei Bestimmungs-Arten der erdmagnetischen Intensität haben gegenüber der ersterwähnten das unterscheidend Gemeinsame, dass sie eigentlich nur das Verhältniss der Intensitäten an verschiedenen Orten oder an ein und demselben Ort zu verschiedenen Zeiten unmittelbar ergeben.

So findet man nach Gleichung 1) aus der Bestimmung der Schwingungsdauern T_1 und T_2 eines und desselben Magneten zu verschiedenen Zeiten oder an verschiedenen Orten das Verhältniss der entsprechenden Horizontal-Intensitäten nach der Formel:

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{T_2^2}{T_1^2}\,[1 + \mu\ (t_1 - t_2)] \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

wenn t_1 und t_2 die jeweilen bei der Messung von T_1 und T_2 beobachteten Temperaturen des Magneten repräsentiren und im Uebrigen die Bedingung erfüllt ist, dass das Trägheitsmoment und das magnetische Moment des Magneten bei 0^0 unverändert geblieben sind.

Die Weber-Kohlrausch'sche Beobachtungs-Methode lässt aus den an zwei Orten gemessenen Ablenkungen φ_1 und φ_2 gemäss Gleichung 2) auf das entsprechende Intensitätsverhältniss nach der ebenso einfachen Formel:

1) F. Kohlrausch, das Weber'sche compensirte Magnetometer zur Bestimmung der erdmagnetischen Intensität. Pogg. Ann. Bd. 142 S. 547. 1871.



$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{\tang \varphi_2}{\tang \varphi_1} \cdot [1 - \mu \ (t_1 - t_2)] \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \quad (4)$$

schliessen, wobei allerdings auch vorausgesetzt wird, dass die relative Lage der Magnete und ihre magnetischen Momente bei 0° in der Zwischenzeit keine Veränderungen erfahren habe.

Das Verhältniss endlich der Horizontal-Intensitäten H_1 und H_2 an ein und demselben Orte zu verschiedenen Zeiten kann aus den am Bifilar-Magnetometer zu beobachtenden Torsionswinkeln z_1 und z_2 und den zugehörigen Temperaturen t_1 und t_2 des Magneten nach der Formel

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{\sin z_1}{\sin z_2} \cdot [1 + \mu \ (t_1 - t_2)] \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \quad (5)$$

berechnet werden, wobei ebenfalls vorausgesetzt ist, dass das magnetische Moment des Magneten bei 0° unverändert bleibe und ebenso die bifilare Suspension keine Veränderung erleide.

Durch die Differentiation der drei Formeln 3) — 5) nach μ überzeugt man sich leicht, dass in allen 3 Fällen die einer gewissen Fehlergrenze $d.\frac{H_1}{H_2}$ in der Bestimmung des Verhältnisses der Horizontalintensitäten entsprechenden zu tolerirenden Fehler $d\delta$ und $d\mu$ in der Kenntniss der Temperaturdifferenz: $t_1 - t_2 = \delta$ und des Temperatur-Coefficienten μ übereinstimmend ohne Rücksicht auf das Vorzeichen durch die Ausdrücke:

$$d\delta = d\frac{H_1}{H_2} \cdot \frac{H_2}{\mu H_1} = dH_1 \cdot \frac{1}{\mu H_1} \ . \ . \ . \ . \ . \quad (6)$$

und:

$$d\mu = d\frac{H_1}{H_2} \cdot \frac{H_2}{\delta . H_1} = dH_1 \cdot \frac{1}{\delta . H_1} \ . \ . \ . \ . \quad (6')$$

gegeben sind, wenn wir H_2 als durch anderweitige Bestimmungen ihrem absoluten Werth nach gegebene constante Grösse betrachten.

Zunächst zeigt die Vergleichung dieser Ausdrücke mit II., und II'., unmittelbar, dass unter übrigens gleichen Umständen in diesen Fällen die zu tolerirenden Fehler $d\delta$ und $d\mu$ bloss halb so gross sein dürfen, wie bei der Ausführung einer vollständigen absoluten Bestimmung.

Setzen wir nämlich wieder:

$$dH_1 = \pm 0{,}0001, \ \mu = 0{,}001, \ H_1 = 1{,}63,$$

so kommt:

$$d\delta = \pm 0^0{,}0613 \text{ C.},$$

es muss also die Temperaturdifferenz bei den beiden Messungen bis auf $\pm 0^0{,}06$ C. genau bestimmt werden, was jedenfalls mehr Sorgfalt bei der Ermittlung der Temperatur der Magnete erheischt, als man gewöhnlich darauf zu verwenden pflegt.

Schon Lamont[1]) hat darauf aufmerksam gemacht, wie wenig man darauf rechnen könne, dass ein neben einen Magnetstab gestelltes Thermometer auch wirklich genau die Temperatur des letztern angebe. Ich habe längere Zeit zwei in $^1/_5{}^0$ C. getheilte Thermometer gleichzeitig ablesen lassen, welche in's Innere des doppelwandigen Holzgehäuses unsers Bifilar-Magnetometers hineinragten und von denen die Kugel des einen sich genau in derselben Höhe mit dem Magnetstab, die des andern 40^{mm} darüber befand. Obschon die sorgfältig verificirten Thermometer genau dieselben Correctionen besassen, zeigten sie doch sehr häufig Temperatur-Unterschiede von $0^0{,}1$ — $0^0{,}2$ C., was also bei unsern obigen Annahmen in der Bestimmung der Horizontal-Intensität bereits eine Unsicherheit von 0,00002 — 0,0003 zur Folge hätte.

Nehmen wir nun ferner an, dass bei den relativen Bestimmungen der Horizontal-Intensität nach der einen oder andern der obigen Methoden Temperatur-Unterschiede bis zu $\delta = 20^0$ C. vorkommen — auf Reisen können dieselben leicht noch bedeutender werden, so ergibt sich aus 6′:

$$d\mu = \pm 0{,}000003067,$$

d. h. es muss der Temperatur-Coefficient des Magneten bis zu 0,3 % seines obigen ganzen Betrags genau bekannt sein, um für den relativen Werth der Horizontal-Intensität eine Sicherheit von $\pm$ 0,0001 zu erhalten.

Nachdem wir so die Genauigkeitsgrenze festgestellt haben, welche in der Kenntniss des Temperatur-Coefficienten bei den magnetischen Messungen gefordert wird, wollen wir jetzt untersuchen, inwiefern die verschiedenen Methoden zur Bestimmung desselben diese verlangte Sicherheit gewähren.

Wenn man zunächst die Gleichungen 3.) bis 5.) betrachtet, so erhellt sofort, dass jede der drei Methoden zur Bestimmung relativer Werthe der Horizontal-Intensität auch unmittelbar zur Ermittlung

1) Gelehrte Anzeigen der K. Bayr. Acad. d. Wissensch. Bd. XIII, S. 1005. 1841. — Lamont, Handbuch des Erdmagnetismus. S. 130.

des Temperatur-Coefficienten verwerthet werden kann. Wir brauchen zu dem Ende nur die Schwingungsdauern, resp. Ablenkungswinkel, resp. Torsionswinkel bei zwei verschiedenen Temperaturen des Magneten, aber gleicher Horizontal-Intensität $H_1 = H_2$ zu messen, um in jenen Gleichungen μ als einzige Unbekannte zu behalten. Da also μ aus denselben Gleichungen abzuleiten ist, aus denen man auch das Intensitätsverhältniss berechnen kann, so folgt daraus unmittelbar folgende Regel, die man bei Erörterungen über die Vorzüge der einen oder andern Bestimmungsmethode des Temperatur-Coefficienten meistens ausser Acht gelassen hat. Soll der Temperatur-Coefficient eines Magneten nach irgend einer der drei angedeuteten Methoden mit einer Sicherheit bestimmt werden, welche einer gewissen Genauigkeit des aus Beobachtungen mit diesem Magneten nach einer der oben angegebenen Methoden abzuleitenden Verhältnisses der Horizontal-Intensitäten entspricht, so müssen — für gleiche Extremtemperaturen bei der Bestimmung des Temperatur-Coefficienten einerseits und bei der Ermittlung des Intensitäts-Verhältnisses anderseits — genau dieselben Fehlergrenzen bei der Beobachtung der einzelnen Bestimmungsgrössen eingehalten werden, wie zur Ermittlung des Verhältnisses der Horizontal-Intensitäten selbst mit der gewünschten Genauigkeit nach der entsprechenden Methode. Die Frage, welche Methode zur Bestimmung des Temperatur-Coefficienten die beste sei, ist also, abgesehen von einigen practischen Rücksichten, identisch mit derjenigen, welcher von den drei Methoden zu relativen Intensitätsmessungen als der genauesten der Vorzug zu geben sei. Die letzte Frage ist aber bereits allgemein dahin entschieden, dass das Bifilar das empfindlichste Mittel zur Beobachtung der Verhältnisse der Horizontal-Intensitäten sei, also ist zu erwarten, dass das Bifilar auch die beste Methode zur Bestimmung des Temperatur-Coefficienten darbieten werde. Zur nähern Begründung dessen wird es gut sein, die verschiedenen üblichen Methoden zur Ermittlung des Temperatur-Coefficienten von theoretischen und practischen Gesichtspuncten aus eingehender zu beleuchten.

Die älteste Methode, die man zur Bestimmung des Temperatur-Coefficienten angewendet hat, ist die Schwingungsmethode. Sie entspricht der ersten der oben erörterten Methoden zur relativen Intensitätsbestimmung und besteht darin, dass man die Schwingungsdauer des an einem ungedrehten Seidenfaden aufgehängten Magneten nach

einander bei verschiedenen Temperaturen beobachtet. **Kupffer**[1]) maass die Schwingungsdauer seiner Magnetnadel bei verschiedenen Temperaturen des Zimmers, **Hansteen**[2]) verfuhr dabei in der Art, dass er das gläserne Schwingungsgehäuse für den Magnetstab in ein weiteres Gefäss stellte, das letztere abwechselnd mit kaltem und warmem Wasser füllte und jeweilen, wenn die Temperatur der Luft im Schwingungskasten constant geworden war, die Schwingungsdauer des Magneten in der üblichen Weise bestimmte. Durch Combination des Mittels der Schwingungsdauer und Temperaturen zweier Messungen bei höherer Temperatur mit der dazwischen liegenden Messung bei niedrigerer Temperatur und umgekehrt eliminirte er bei der Berechnung hinlänglich den störenden Einfluss der Veränderungen der Horizontal-Intensität. Können wir die letztere bei den beiderlei Messungen als constant betrachten, so finden wir aus der Gleichung 3), indem wir dort $H_1 = H_2$ setzen, oder genauer direct aus Gleichung 1)

$$\mu = \frac{T_1^2 - T_2^2}{T_1^2 \cdot t_1 - T_2^2 \cdot t_2},$$

wo also T_1 die bei der Temperatur t_1 und T_2 die bei der Temperatur t_2 des Magnetstabes beobachtete Schwingungsdauer desselben repräsentirt.

Wie schon oben bemerkt worden, setzt diese Formel voraus, dass das magnetische Moment des Magneten während der Messungen nicht eine bleibende Veränderung erfahren habe, was unter später noch näher zu erörternden Bedingungen wohl anzunehmen ist, und sodann dass das Trägheitsmoment desselben ebenfalls unverändert bleibe. Bei den erwähnten Versuchen wird nun aber das letztere sich jeweilen ebenfalls mit der Temperatur verändern, so dass streng genommen in der vorigen Gleichung die Grösse rechter Hand nicht bloss den eigentlichen Temperatur-Coefficienten des Magneten μ, sondern die Summe:

$$\mu + 2s$$

repräsentirt, wo s den linearen thermischen Ausdehnungs-Coefficienten der Substanz des Magneten darstellt. Man hat also eigentlich:

$$\mu = \frac{T_1^2 - T_2^2}{T_1^2 \cdot t_1 - T_2^2 \cdot t_2} - 2s \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

---

1) **Kupffer**, Recherches relatives à l'influence de la température sur les forces magnétiques. An. de Chimie et de Phys. T. XXX. p. 113. 1825.

2) **Hansteen**, Ueber die Beobachtung der magnet. Intensität bei Berücksichtigung der Temperatur. Pogg. Ann. Bd. IX. S. 161. 1827.

Nun ist in runder Zahl:

$$\mu = 0{,}001, \qquad 2s = 0{,}00002,$$

woraus zu entnehmen ist, dass wir für eine genauere Berechnung uns stets an die Formel 7) zu halten haben.

Die Differentirung von 7) nach den verschiedenen Variabeln gibt uns die Mittel an die Hand, die dem oben bestimmten Fehler $d\mu$ entsprechenden, zu tolerirenden Fehler der einzelnen Beobachtungsgrössen zu berechnen.

Ehe wir dies thun, wollen wir aber die Gleichung 7) auf eine etwas bequemere Form bringen. Zunächst ist auch:

$$\mu = \frac{T_1^2 - T_2^2}{(t_1 - t_2)\dfrac{T_1^2 + T_2^2}{2}} - 2s \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7')$$

wo wir im Nenner ein Glied: $(t_1 + t_2) . \dfrac{T_1^2 - T_2^2}{2}$ als klein vernachlässigt haben.

Setzen wir nun der Kürze halber:

$$T_1^2 - T_2^2 = \sigma,\ t_1 - t_2 = \delta,\ \frac{T_1^2 + T_2^2}{2} = S,$$

so geht 7') über in:

$$\mu = \frac{\sigma}{\delta . S} - 2s \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7')$$

Hieraus aber folgt in steter Berücksichtigung der Kleinheit von σ mit hinlänglicher Annäherung:

$$\left.\begin{aligned} dT_1 = dT_2 &= d\mu \frac{\delta . S}{2T_1} = d\mu \frac{\delta . T_1}{2} \\ d\delta &= d\mu \frac{S^2 . \delta}{\delta} \qquad = d\mu\ \frac{\delta}{\mu} \\ ds &= \qquad\qquad\quad = d\mu\ \frac{1}{2} \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

Für den Schwingungsmagneten unsers magnetischen Theodolithen fand ich z. B. für:

$$\delta = 20^{\circ}\,\text{C.},\ T_1 = 3^{s}{,}500,\ T_2 = 3^{s}{,}465$$
$$\mu = 0{,}0010.$$

Für den früher bestimmten Werth von $d\mu$:

$$d\mu = \pm 0{,}000\,003067$$

kommt daher:

$$dT_1 = dT_2 = \pm 0^s{,}0001073$$
$$d\delta = \pm 0^0{,}062 \quad ds = \pm 0{,}000001533.$$

Rechnen wir den Gesammtfehler, welchen wir bei der Beobachtung des Beginns und des Endes aller Schwingungen begehen, nur zu $\pm 0^s{,}2$, so müssen wir also die Zeit von etwas über 500 Schwingungen messen, um für die einzelne Schwingungsdauer die vorstehende Genauigkeit zu erzielen. Diese 500 Schwingungen würden aber im vorliegenden Fall nahezu eine halbe Stunde in Anspruch nehmen und da dürfte es denn doch zu schwer halten, während einer so langen Zeit die Temperatur des Magneten, die bis $\pm 0^0{,}06$ genau bestimmt werden soll, hinlänglich constant zu erhalten, insbesondere wenn seine Temperatur bedeutend von derjenigen der weitern Umgebung abweicht. Endlich können während dieser Zeit nicht unerhebliche Aenderungen der Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus erfolgen und selbst wenn die letztern, etwa vermittelst eines Bifilarmagnetometers gemessen würden, erscheint es schwierig, eine bezügliche sichere Correction am unmittelbaren Beobachtungs-Resultat anzubringen. Wenn es also auch nicht gerade unmöglich erscheint, die Schwingungsdauer des Magnets mit der erforderlichen Schärfe zu bestimmen, so dürfte doch die Veränderlichkeit der erdmagnetischen Kraft und der Temperatur nur in Ausnahmefällen die Erreichung dieses Ziels gestatten.

Es wird ebenso nur in Ausnahmefällen möglich sein, die beste Methode zur Beobachtung der Schwingungen bei verschiedenen Temperaturen anzuwenden, die nämlich, wo der ganze Beobachtungsraum abgekühlt oder erwärmt wird. Soll aber statt dessen die Methode von Hansteen benutzt werden, so wird eben die Erzielung einer während längerer Zeit constanten, von der Zimmerwärme ziemlich verschiedenen Temperatur bloss in der Umgebung der Magnetnadel bedeutende practische Schwierigkeiten verursachen.

Diese einfache Schwingungsmethode zur Bestimmung des Temperatur-Coefficienten ist schon von Kupffer[1]) dahin modificirt worden, dass er den zu untersuchenden Magnetstab nicht selbst schwingen liess, sondern ihn parallel zum magnetischen Meridian vertical unter

1) L. c.

einer zweiten, an einem Faden aufgehängten Magnetnadel fix anbrachte und die Schwingungsdauern der letztern bei verschiedenen Temperaturen des erstern Magneten maass. Dieser modificirten Schwingungsmethode hat sich in neuerer Zeit auch L. Dufour in seiner umfangreichen und wichtigen Arbeit über den Einfluss der Temperatur auf die Stabmagnete[1]) bedient, so dass es gerechtfertigt erscheint, dieselbe hier ebenfalls einer nähern Prüfung zu unterwerfen.

Heissen wir m das magnetische Moment der schwingenden Hülfsnadel und n ihr Trägheitsmoment, so sind ihre Schwingungsdauer τ bloss unter dem Einfluss des Erdmagnetismus, sowie die unter dem gleichzeitigen und gleichgerichteten Einfluss des Erdmagnetismus und des zu untersuchenden Magnetstabes, τ_1 bei der Temperatur t_1 und τ_2 bei der Temperatur t_2 des letztern, gegeben durch:

$$\left.\begin{aligned} Hm &= \pi^2 . n . \tau^{-2}, \\ Hm + CmM_0(1-\mu t_1) &= \pi^2 . n . \tau_1^{-2}, \\ Hm + CmM_0(1-\mu t_2) &= \pi^2 . n . \tau_2^{-2}, \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

wo C eine die gegenseitige Einwirkung der beiden Magnete charakterisirende Constante repräsentirt. Aus diesen 3 Gleichungen findet man, wenn wir wieder der Kürze halber

$$t_1 - t_2 = \delta$$

setzen:

$$\mu = \frac{\tau^2(\tau_1^2 - \tau_2^2)}{\tau_2^2(\tau^2 - \tau_1^2)} . \frac{1}{\delta} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

Hieraus ergeben sich durch Differentiation wieder die dem Fehler $d\mu$ entsprechenden, zu erstrebenden Genauigkeitsgrenzen der einzelnen Beobachtungsgrössen, nämlich:

$$\left.\begin{aligned} & \qquad \text{streng} && \qquad \text{angenähert } \tau_1 = \tau_2. \\ d\tau_2 &= d\mu \frac{\tau_2^3 . \delta}{2\tau_1^2}\left(1 - \frac{\tau_1^2}{\tau^2}\right) && = d\mu \frac{\tau_2 . \delta}{2}\left(1 - \frac{\tau_2^2}{\tau^2}\right), \\ d\tau_1 &= d\mu \frac{\tau_2^2 . \delta}{2\tau_1}\left(1 - \frac{\tau_1^2}{\tau^2}\right)^2\left(1 - \frac{\tau_2^2}{\tau^2}\right)^{-1} && = d\mu \frac{\tau_2\delta}{2}\left(1 - \frac{\tau_2^2}{\tau^2}\right), \\ d\tau &= d\mu \frac{\tau^3\delta}{2\tau_1^2}\left(1 - \frac{\tau_1^2}{\tau^2}\right)^2\left(1 - \frac{\tau_1^2}{\tau_2^2}\right)^{-} . \\ d\delta &= d\mu \frac{\delta}{\mu} \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad (12)$$

1) L. Dufour, Recherches sur les rapports entre l'intensité magnétique des barreaux d'acier et leur température. Bulletin de la Soc. Vaudoise des scien. natur. Nr. 42. 1858.

Diese Ausdrücke zeigen zunächst, dass die Temperatur-Differenz des Magneten mit derselben Genauigkeit wie im vorigen Fall zu bestimmen ist, und ferner, dass die Schwingungsdauer τ der Hülfsnadel unter dem blossen Einfluss des Erdmagnetismus nur approximativ bekannt sein muss. Bei einem Versuche von Dufour (l. c. II. 9.) war z. B.

$$\delta = 13^\circ \text{ C.} \quad \tau = 5^s{,}549, \quad \tau_1 = 1^s{,}790, \quad \tau_2 = 1^s{,}760$$

Führen wir diese Werthe und:

$$d\mu = \pm 0{,}000003067$$

in den 3ten der vorstehenden Ausdrücke ein, so kommt:

$$d\tau = \pm 0^s{,}0248,$$

und dieser zulässigen Fehlergrenze in der Kenntniss der Schwingungsdauer τ entspricht nach Gleichung (9) eine Variation der Horizontal-Intensität um:

$$dH = \pm 0{,}0179,$$

wenn wir für Lausanne $H = 2{,}00$ annehmen. Dieser Werth aber ist, abgesehen von eigentlichen magnetischen Störungen, grösser als die tägliche Variation der Horizontal-Intensität, so dass also für eine ganze Reihe von Messungen eine einmalige Bestimmung von τ vollkommen genügt und von dieser Seite her somit, insofern, wie in unserm Beispiele, τ_1 und τ_2 ziemlich kleiner als τ sind, keine gewichtigen Einwürfe gegen diese 2te Methode erhoben werden können.

Was dagegen die Bestimmung der Schwingungsdauern τ_1 und τ_2 der Hülfsnadel unter dem Einfluss des zu untersuchenden Magneten bei verschiedenen Temperaturen betrifft, so muss dieselbe im Allgemeinen genauer sein als die der unmittelbaren Schwingungsdauern des letztern bei der einfachen Schwingungsmethode. Vergleicht man nämlich die angenäherten Ausdrücke für $d\tau_1$ und $d\tau_2$ unter (12) mit denen für dT_1 und dT_2 unter (8), so erkennt man sofort, dass dieselben nur dann nahezu gleich werden, falls τ_1 und τ_2 sehr klein gegen τ würden oder also der zu untersuchende Magnet sehr nahe an die Hülfsnadel herangebracht würde. Dies geht aber nicht an, weil sonst die Formeln (10) keine Gültigkeit mehr haben. Bei grosser Annäherung nämlich werden nicht bloss die Schwingungen der Hülfsnadel immer weniger isochron, sondern ihr Werth hängt auch in complicirterer Weise vom magnetischen Zustand des fixen Magneten

ab. Es wird somit der Factor: $\left(1-\frac{\tau_2^2}{\tau^2}\right)$ immer kleiner als 1 sein. Für den Fall des oben erwähnten Versuches von **Dufour** finden wir z. B.

$$1-\frac{\tau_2^2}{\tau^2} = 0{,}8994.$$

Dabei war aber der fixe Magnet von der schwingenden Nadel nur um eine seiner ganzen Länge ungefähr gleich kommende Grösse entfernt, während diese Entfernung für genaue Messungen mindestens doppelt so gross sein sollte. Dies hätte aber sofort eine bedeutende Verkleinerung des obigen Factors zur Folge gehabt. Bei einem entsprechenden Versuche fand ich z. B. für die Schwingungsdauer eines Magneten unter dem blossen Einfluss des Erdmagnetismus:

$$\tau = 6'{,}635$$

und sodann für diejenige unter dem gleichzeitigen Einfluss eines 20 Centimeter langen Magneten bei der Entfernung:

$$\text{Entfernung} = 30^{cm} = 18^{cm}$$
$$\tau_2 = 4'{,}910 = 3'{,}360.$$

Hieraus folgen für den obigen Factor die Werthe:

$$\text{Entfernung der Magnete: } 18^{cm} \qquad 30^{cm}$$
$$1-\frac{\tau_2^2}{\tau^2} = 0{,}7436 = 0{,}4524.$$

Da nun in unserem Falle 30^{cm} jedenfalls für genaue Untersuchungen die kleinste zu wählende Entfernung der Magnete wäre, so kann man wohl behaupten, dass **für genaue Bestimmungen des Temperatur-Coefficienten nach der modificirten Schwingungsmethode der Fehler in der Ermittlung der Schwingungsdauern höchstens halb so gross sein darf, als bei der einfachen Schwingungsmethode.** Es wäre also den bei der einfachen Schwingungsmethode angestellten Betrachtungen zufolge in diesem Falle ein stundenlang fortgesetztes Beobachten der Schwingungsdauer der Hülfsnadel erforderlich. In Folge dessen wird der practische Vortheil, den diese Methode gegenüber der vorigen darbietet, der nämlich, dass der auf verschiedene Temperaturen zu bringende, zu untersuchende Magnet ganz vom Schwingungsapparat getrennt ist und daher in ein ganz geschlossenes Flüssigkeitsbad gebracht werden kann, wieder ganz illusorisch, und wir können ihr somit im

günstigsten Fall nur einen gleichen Werth wie der einfachen Schwingungsmethode beimessen.

Wir wollen nun noch den zulässigen Fehler in der Bestimmung der Schwingungsdauern τ_1 und τ_2 für den concreten Fall des oben erwähnten Dufour'schen Experimentes berechnen. Setzen wir zu dem Ende die obigen Zahlenwerthe in Nr. 12 ein, so finden wir:

$$d\tau_1 = d\tau_2 = \pm 0^s{,}00003155.$$

In Wirklichkeit betrug aber bei den Versuchen Dufour's die Genauigkeit der Bestimmung der Schwingungsdauer höchstens:

$$d\tau_1 = d\tau_2 = \pm 0^s{,}003,$$

und dieser entspricht also für den daraus abzuleitenden Temperatur-Coefficienten eine Sicherheit von in runder Zahl bloss:

$$d\mu = \pm 0{,}0003.$$

Bei kleinern, harten und stark magnetisirten Stahlstäben erreicht aber der ganze Temperatur-Coefficient nur ungefähr diesen absoluten Betrag. Es ist daher sehr zu bedauern, dass in Folge dieser geringen Genauigkeit der Beobachtungen mehrere der interessanten und practisch wichtigen Schlüsse, welche Herr Dufour aus seinen schönen Untersuchungen gezogen hat, unsicher erscheinen, und es wäre deshalb auch zu wünschen, dass sie nach einer bessern Methode wiederholt würden.

Die zweite Haupt-Methode zur Bestimmung des Temperatur-Coefficienten der Magnete ist die Methode der Ablenkungen. Sie ist auch in zweierlei Modificationen angewendet worden.

W. Weber[1]) und nach ihm Hansteen[2]), Kupffer[3]) und Andere legten analog wie bei den absoluten Messungen der Horizontal-Intensität den zu untersuchenden Magneten seitlich vom Unifilarmagnetometer in der Senkrechten auf den magnetischen Meridian durch den Mittelpunct seiner Magnetnadel hin und beobachteten die Ablenkungen, welche er an dem letztern hervorbrachte, wenn er auf verschiedene Temperaturen gebracht wurde.

---

1) W. Weber, Ueber den Einfluss der Temperatur auf den Stabmagnetismus. Resultate aus den Beob. des magnet. Vereins von 1837. S. 38.

2) Hansteen, de mutationibus quas subit momentum virgae magneticae partim ob temporis partim ob temperaturae mutationes. Christianae 1842.

3) Kupffer, Note relative à l'intensité de la température sur la force magnétique des barreaux. Bulletin de l'Académie de St.-Pétersbourg I. p. 168.

Der Ablenkungswinkel φ des Unifilarmagneten aus dem magnetischen Meridian ist in diesem Fall, wenn die Entfernung E der Mittelpuncte der beiden Magnete bedeutend grösser als ihre eigene Länge ist, mit hinlänglicher Annäheruug durch Gleichung (2) gegeben.

Heissen wir nun φ_1 die bei der Temperatur t_1 und φ_2 die bei der Temperatur t_2 des Magneten beobachtete Ablenkung, so ergibt sich aus dieser Gleichung, wenn wir H als constant annehmen, zur Bestimmung des Temperatur-Coefficienten μ die Gleichung:

$$\frac{1-\mu t_1}{1-\mu t_2} = \frac{\operatorname{tang}\varphi_1}{\operatorname{tang}\varphi_2}$$

oder

$$\mu = \frac{\operatorname{tang}\varphi_2 - \operatorname{tang}\varphi_1}{t_1 \operatorname{tang}\varphi_2 - t_2 \operatorname{tang}\varphi_1} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (13)$$

Bei der hiebei gebräuchlichen Bestimmung der Ablenkungswinkel φ_1 und φ_2 durch Spiegelablesung mit Fernrohr und Scale können wir aber mit genügender Annäherung für die Tangenten dieser Winkel unmittelbar die abgelesenen Scalentheile n_1 und n_2 einführen, so dass man auch hat:

$$\mu = \frac{n_2 - n_1}{t_1 n_2 - t_2 n_1},$$

wofür wir angenähert, da $n_2 - n_1$ eine kleine Grösse ist, auch setzen können:

$$\mu = \frac{n_2 - n_1}{\frac{n_2 + n_1}{2}(t_1 - t_2)}$$

oder wenn wir der Kürze halber:

$$\frac{n_2 + n_1}{2} = n, \quad n_2 - n_1 = \nu \text{ und } t_1 - t_2 = \delta$$

setzen:

$$\mu = \frac{\nu}{\delta \,.\, n} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (14)$$

Hieraus aber folgt für die Relationen der zu tolerirenden Fehler der einzelnen Bestimmungsgrössen zur erstrebten Genauigkeitsgrenze $d\mu$ des Temperatur-Coefficienten:

$$\left.\begin{aligned} dn &= d\mu \,.\, \delta \,.\, n \\ d\delta &= d\mu \frac{\delta^2 n}{\nu} = d\mu \frac{\delta}{\mu} \\ d\delta &= d\mu \frac{\delta \,.\, n^2}{\nu} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (15)$$

Die Scalen, die man bei der Spiegelablesung anwendet, sind gewöhnlich nicht länger als 1 Meter; sind sie dabei in Millimeter getheilt, so kann also im Maximum:

$$n = 500 \text{ Scalentheile}$$

für Ablenkungen nach der einen und andern Seite sein. Setzen wir nun ferner wie bis dahin

$$\mu = 0{,}001 \qquad \delta = 20^0 \text{ C.}$$
$$\delta\mu = \pm 0{,}000003067,$$

so folgt zunächst aus (14):

$$\nu = 10 \text{ Scalentheile}$$

und darnach aus (15):

$$d\nu = \pm 0{,}031 \text{ Scalentheile,}$$
$$d\delta = \pm 0^0{,}062$$
$$dn = \pm 1{,}55 \text{ Scalentheile.}$$

Da nun 0,1 Scalentheil jedenfalls die höchste Genauigkeit ist, mit welcher man die Ablenkungsdifferenz ν bestimmen kann, so muss man behufs Erlangung der gewünschten Sicherheit für μ entweder δ oder n vergrössern.

Hansteen hat vorzugsweise das erstere gethan.

Auf S. 31 der erwähnten Schrift sind z. B. folgende aus einer bezüglichen Beobachtungsreihe abgeleitete Daten angegeben:

$$\delta = 38^0{,}71 \quad R = 48^0{,}39 \text{ C.}$$
$$\nu = 31{,}690, \; n = 806{,}698 \text{ Scalentheile.}$$

Führen wir diese Werthe und den obigen für $d\mu$ in (15) ein, so kommt:

$$d\nu = \pm 0{,}12 \text{ Scalentheile}$$
$$d\delta = \pm 0^0{,}18,$$
$$dn = \pm 3{,}05 \text{ Scalentheile,}$$

welche Genauigkeitsgrenzen bei sehr sorgfältigen Versuchen noch eben einzuhalten sein dürften. Daraus aber folgt, dass Hansteen bei der Angabe seiner Ablenkungen sich wohl mit den Hundertsteln der Scalentheile und bei den daraus abgeleiteten Temperatur-Coefficienten mit 6 statt 8 Decimalen hätte begnügen können.

W. Weber hat dagegen in der oben citirten Abhandlung ein sehr sinnreiches Verfahren angegeben, um gewissermaassen die gesammte Ablenkung n beliebig zu vergrössern, ohne die Scale selbst zu verlängern. Der zu untersuchende Magnet wurde soweit ange-

nähert, dass er denjenigen des Unifilarmagnetometers weit über das Ende der Scale hinaus ablenkte, dann aber der letztere zur Beobachtung seiner Stellungsänderung bei variirender Temperatur des erstern durch einen auf die andere Seite gelegten Compensations-Magneten von constanter Temperatur zum magnetischen Meridian zurückgeführt. Aus den bezüglichen Beobachtungen auf Seite 53 und 54 bei fallender Temperatur folgt z. B. für

$$\vartheta = 10^\circ \text{C.}, \quad \nu = 14{,}26 \text{ Scalentheile}$$
$$n = 3382{,}7 \text{ Scalentheile.}$$

Diese Werthe mit dem von $d\mu$ in (15) eingesetzt geben aber:

$$d\nu = \pm 0{,}10 \text{ Scalentheile}$$
$$d\vartheta = \pm 0^\circ{,}073$$
$$dn = \pm 24{,}6 \text{ Scalentheile.}$$

Wir sehen hieraus, dass in Folge des bedeutenden Werthes von n selbst für die geringe Temperatur-Variation von 10° C. noch einzuhaltende Fehlergrenzen für die einzelnen Bestimmungsgrössen resultiren.

Lamont[1]), und nach ihm Andere, besonders Unverdorben[2]) benutzten zu den Ablenkungsbeobachtungen den magnetischen Theodolithen, wo der ablenkende Magnet mit dem excentrischen Beobachtungsfernrohr so weit gedreht wird, dass er wie dieses auf der Spiegelebene des beweglichen Magneten, so auf der magnetischen Axe des letztern stets senkrecht bleibt. In diesem Falle haben wir für die schliessliche Gleichgewichtslage statt (2) die Gleichung:

$$H \sin \psi = \frac{2\,M}{E^3} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (2')$$

Zur Bestimmung des Temperatur-Coefficienten μ aus den bei den Temperaturen t_1 und t_2 beobachteten Ablenkungen ψ_1 und ψ_2 folgt aber hieraus:

$$\mu = \frac{\sin \psi_2 - \sin \psi_1}{t_1 \sin \psi_2 - t_2 \sin \psi_1} \quad \ldots \ldots \quad (13')$$

oder, da $\psi_2 - \psi_1$ ein kleiner Winkel ist, mit genügender Annäherung:

$$\mu = \frac{\sin (\psi_2 - \psi_1)}{(t_1 - t_2) \operatorname{tang} \frac{\psi_2 + \psi_1}{2}}$$

1) Lamont, Handbuch des Erdmagnetismus. Berlin 1849. S. 125.

2) Unverdorben, Ueber das Verhalten des Magnetismus zur Wärme. Inauguralschrift. München 1866.

oder endlich, wenn wir der Kürze halber:

$$\psi_2 - \psi_1 = \xi, \frac{\psi_2 + \psi_1}{2} = \psi, \ t_1 - t_2 = \delta$$

setzen, so ist auch:

$$\mu = \frac{\sin \xi}{\delta . \operatorname{tang} \psi} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (14')$$

Hieraus aber folgt wieder:

$$\left.\begin{aligned} d\xi &= d\mu \, \frac{\delta . \operatorname{tang} \psi}{\cos \xi}, \\ d\delta &= d\mu . \frac{\delta^2 \operatorname{tang} \psi}{\sin \xi} = d\mu \frac{\delta}{\mu} \\ d\psi &= d\mu \, \frac{\delta . \sin^2 \psi}{\sin \xi}. \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (15')$$

Wir wollen diese Gleichungen unmittelbar auf einen concreten Versuch von **Lamont** anwenden, der auf den S. 127 und 128 des erwähnten Handbuchs mitgetheilt ist. Aus der Tafel auf S. 128 ergibt sich z. B. für

$$d = 10^0, \ \xi = 10',50, \ \psi = 46^0 25',2;$$

also wird für: $d\mu = \pm 0{,}000003067$ nach (15'):

$$\begin{aligned} d\xi &= \pm 0{,}00003223 = \pm \text{arc. von } 6'',6 \\ d\delta &= \pm 0^0{,}105 \\ d\psi &= \pm 0{,}005269 = \pm \text{arc. von } 18'7''. \end{aligned}$$

Beim magnetischen Theodolithen in seiner üblichen Construction lassen sich zwar die Winkel vermittelst der Verniere noch bis auf 10″ genau ablesen, allein bei der geringen Vergrösserung, die das Beobachtungsfernrohr besitzt, ist eine Einstellung bis zu dieser Sicherheitsgrenze kaum möglich. Jedenfalls bleibt da der wirkliche Beobachtungsfehler $d\xi$ nahe doppelt so gross, als der vorstehende theoretisch geforderte, und es dürfte daher unter übrigens gleichen Umständen der **Weber**'schen Methode mit Benutzung des Compensationsmagneten der Vorzug gebühren.

Dass die letztere Methode eine grössere Genauigkeit gewähren kann, als die **Lamont**'sche, erhellt aber noch entschiedener aus folgender Betrachtung. Da ξ stets ein kleiner Winkel, also $\cos \xi$ sehr nahe $= 1$ und $\sin \xi$ sehr wenig von $\operatorname{tang} \xi$ verschieden ist und ferner in Gleichung (14) ν und n mit grosser Annäherung den tri-

gonometrischen Tangenten der betreffenden Winkel proportional sind, so sind (14) und (14′) und also auch die Werthe für $d\nu$ und $d\xi$ in (15) und (15′) sehr nahe identisch, wenn der den Scalentheilen n entsprechende Ablenkungswinkel am Unifilarmagnetometer gleich dem Ablenkungswinkel ψ beim magnetischen Theodolithen ist. Nun ist der geringen Genauigkeit halber, mit der n wie ψ zu bestimmen ist, kein Grund vorhanden, die grossen Ablenkungswinkel bei den beiderlei Methoden verschieden zu wählen, es ist somit auch bei beiden unter übrigens gleichen Umständen die Genauigkeits-Anforderung an die Messung des Unterschiedes ξ, resp. ν der Ablenkungswinkel bei den verschiedenen Temperaturen dieselbe. Beim Lamont'schen Theodolithen erreicht aber die Genauigkeit der Winkelmessung höchstens $\pm 10''$, während durch die Spiegelablesung mit Fernrohr und Scale beim Unifilarmagnetometer leicht eine Sicherheit von $\pm 2''$ (entsprechend 0,1 Scalentheil) erzielt werden kann. Die Weber'sche Methode kann somit eine 5 Male grössere Genauigkeit in der Bestimmung des Temperatur-Coefficienten gewähren, oder es darf mit andern Worten, wenn wir uns auf die verlangte Fehlergrenze für die letztere beschränken, ohne die jeweilen erreichbare Genauigkeit der Winkelbestimmung zu überschreiten; die Tangente des ganzen Ablenkungswinkels bei Benutzung der Weber'schen Methode 5 Male kleiner sein. Dem entsprechend darf dann aber die Entfernung der Magnete grösser sein, so dass auch das durch Gleichung (2) vorausgesetzte Ablenkungsgesetz schärfer erfüllt ist.

Endlich ergibt sich, dass die Ablenkungsmethode mit Anwendung des von W. Weber angewendeten Kunstgriffes auch leichter und sicherer zu der gewünschten Genauigkeit für die Bestimmung des Temperatur-Coefficienten führen kann als die Schwingungsmethode. Vergleichen wir nämlich die Ausdrücke 15 und 8 für die zu tolerirenden Fehlergrenzen bei beiden, so zeigt sich, dass zwar für die Messung der Temperatur unter gleichen Umständen in beiden Fällen dieselbe Schärfe erfordert wird, dass aber die Fehlergrenze für die Ablenkungsbeobachtung ($d\nu$) leichter einzuhalten ist als die für die Messung der Schwingungsdauern (dT_1). Ist nämlich $\delta = 20^0$ C. und n wie bei Weber's Versuchen: 3383 Scalentheile, so wird:

$$d\nu = 0{,}2 \text{ Scalentheile,}$$

und diese Genauigkeitsgrenze ist bei der Beobachtung ohne grosse

Schwierigkeit zu erzielen. Da hier zudem nur momentane Gleichgewichtslagen der Magnetnadel des Unifilarmagnetometers zu beobachten sind, so können die Beobachtungen nicht bloss rascher ausgeführt, sondern auch die wegen der Aenderungen des Erdmagnetismus (Declination und Intensität) nothwendigen Correctionen schärfer angebracht werden.

In gleicher Weise nun, wie man nach den beiden ersten Methoden zur Bestimmung des relativen Werthes der Horizontal-Intensität auch den Einfluss der Temperatur auf die Magnete untersucht hat, muss dies, wie schon oben erwähnt, ebenfalls nach der 3ten jener Methoden, nämlich vermittelst des Bifilars möglich sein. Wenn man auch in magnetischen Observatorien durch Vergleichung der Stellung des Bifilarmagnetometers bei verschiedenen Temperaturen direct den Einfluss der letztern auf seinen Stand ermittelt hat, so ist mir doch nicht bekannt, dass man auf diesem Wege eigentliche Bestimmungen des Temperatur-Coefficienten von Magneten versucht hätte. Als dritte Methode zur Bestimmung des Temperatur-Coefficienten eines Magneten schlage ich daher vor, denselben in gleicher Weise, wie dies beim Bifilarmagnetometer der Fall ist, in transversaler Lage bifilar aufzuhängen und die Aenderung seiner Gleichgewichtslage bei verschiedener Temperatur zu beobachten.

Heissen wir D das Drehungsmoment der bifilaren Suspension, resp. der Schwere und z den sogen. Torsionswinkel, so hat man für die transversale Gleichgewichtslage die Gleichung:

$$HM = D \sin z \quad \ldots\ldots\ldots \quad (17)$$

welche auch noch mit ganz genügender Annäherung gültig bleibt, wenn der Magnet innerhalb $\pm 30'$ von der genau senkrechten Stellung auf dem magnetischen Meridian abweicht. Sind also z_1 und z_2 die den Temperaturen t_1 und t_2 des Magneten entsprechenden Torsionswinkel, so ist, falls H inzwischen constant geblieben ist, der Temperatur-Coefficient aus der Formel:

$$\frac{1-\mu t_1}{1-\mu t_2} = \frac{\sin z_1}{\sin z_2}$$

zu berechnen. Dies ist aber ganz derselbe Ausdruck wie oben für die Bestimmung vermittelst des magnetischen Theodolithen. Es ist also, wenn wir wieder abkürzend:

$$z_2 = z_1 = \zeta, \quad \frac{z_2 + z_1}{2} = z, \quad t_1 - t_2 = \delta$$

setzen, ganz wie dort mit genügender Annäherung auch:

$$\mu = \frac{\sin \zeta}{\delta \, . \, \mathrm{tang}\, z} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (18)$$

und:

$$\left.\begin{aligned} d\zeta &= d\mu \frac{\delta \, . \, \mathrm{tang}\, z}{\cos \zeta}, \\ d\delta &= d\mu \frac{\delta^2 \,\mathrm{tang}\, z}{\sin \zeta} = d\mu \frac{\delta}{\mu} \\ dz &= d\mu \frac{\delta \sin^2 z}{\sin \zeta} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \quad (19)$$

Hat somit der mittlere Torsionswinkel z denselben Werth wie der mittlere Ablenkungswinkel φ bei der Bestimmung des Temperatur-Coefficienten mit dem magnetischen Theodolithen, so ist auch für einen gleichen absoluten Betrag von μ und δ die absolute Genauigkeit, mit welcher die einzelnen Grössen bestimmt werden müssen, ganz dieselbe bei unserer Bifilar-Methode wie bei der Ablenkungs-Methode unter Benutzung des magnetischen Theodolithen.

Um zunächst auch hier einen concreten Fall als Zahlenbeispiel zu benutzen, wollen wir die für das Bifilarmagnetometer des magnetischen Observatoriums in St. Petersburg in der ersten Hälfte des Jahres 1872 geltenden Werthe oben einführen. Es war in runder Zahl:

$$z = 64^\circ 42', \quad \mu = 0{,}000450.$$

Nehmen wir nun wieder:

$$\delta = 20^\circ \text{ C.}, \quad d\mu = \pm 0{,}000003067$$

an, so folgt zunächst aus (18)

$$\zeta = 1^\circ 5' 27''$$

oder, da bei diesem Bifilarmagnetometer einem Theil der Scale: 26″,65 Bogen entsprechen, auch $\zeta = 147{,}4$ Scalentheile. Dieser Werth von ζ mit den übrigen in (19) eingesetzt, gibt aber:

$$\begin{aligned} d\zeta &= \pm 0{,}0001298 = \pm 26'',8, \\ d\delta &= \pm 0^\circ{,}14, \\ dz &= \pm 0{,}002633 = \pm 543'',2. \end{aligned}$$

Wir müssten also bei unserm Bifilarmagnetometer zur genügenden Ermittlung des Temperatur-Coefficienten die Differenz der Scalen-

Ablesungen bei den beiden um 20° C. verschiedenen Temperaturen bloss bis auf 1 Scalentheil und den Torsionswinkel z nur bis auf 9 Minuten, resp. 20 Scalentheile genau bestimmen. Diese trotz der obigen Bemerkung weitere Fehlergrenze für $d\zeta$ als bei der Ablenkungsmethode verdanken wir offenbar nur der bedeutenden Grösse des Torsionswinkels z.

Würde es nämlich ohne Beeinträchtigung der Genauigkeit von anderer Seite her gestattet sein, den ganzen Ablenkungswinkel ψ, resp. n bei der Ablenkungsmethode gleich gross wie den Torsionswinkel z beim Bifilar zu machen, so würde die letztere nur eben dieselben Bedingungen der Genauigkeit darbieten wie erstere und zwar in der Weber'schen Modification, da das Bifilarmagnetometer durch die Spiegelablesung mit Fernrohr und Scale dieselbe Genauigkeit der Winkelmessung gestattet wie das Unifilarmagnetometer. Der Vorzug der Bifilar-Methode zur Bestimmung des Temperatur-Coefficienten wie des Bifilarmagnetometers zur Ermittlung der Variationen der Horizontal-Intensität vor der Ablenkungsmethode besteht nun aber gerade darin, dass wir, unbeschadet der Gültigkeit der Fundamentalgleichung (17) für das Bifilar, den Torsionswinkel z beliebig bis zu einer mehr practischen obern Grenze, die in unserm Beispiele noch nicht einmal erreicht ist, vergrössern können, während bei der Ablenkungsmethode der ganze Ablenkungswinkel ψ, resp. n durch den Umstand limitirt wird, dass für grössere Werthe der letztern resp. kleinere Werthe der Entfernung E der Magnete die strenge Gültigkeit der bezüglichen Grundformeln (2) und (2') aufhört. Es kommen Glieder mit höhern negativen Potenzen von E hinzu, welche im Allgemeinen nicht als Producte von M mit bloss constanten Grössen zu betrachten sind, auch können störende Inductionswirkungen der Magnete auf einander erfolgen u. s. f. Da endlich der Stand des Bifilars unabhängig ist von den Declinationsvariationen, so ist es möglich, durch gleichzeitige Ablesungen an einem gewöhnlichen Bifilarmagnetometer in einfachster und schärfster Weise das Resultat von dem störenden Einfluss der Variationen der Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus zu befreien.

Für den Fall also einer Einrichtung der bifilaren Suspension wie in obigem Beispiel und einen Temperatur-Coefficienten des Magneten, der gleich 0,00045 wäre, würde der noch erreichbaren Genauigkeit der Scalenablesung von $\pm 0{,}2$ Scalentheile ein Fehler

$$d\mu = \pm 0{,}000000613$$

in dem zu bestimmenden Temperatur-Coefficienten entsprechen. Freilich müsste dann auch die Temperatur des Magneten mit einer Genauigkeit von $\pm 0^\circ,03$ ermittelt werden, zu welchem Endzweck der vom Spiegel und der bifilaren Suspension durch ein längeres Zwischenstück getrennte Magnet jedenfalls mit einem, bis auf eine kleine Oeffnung im Deckel ganz verschlossenen doppelwandigen Kupfergefäss zu umgeben wäre, das nach aussen noch von schlechten Wärmeleitern umhüllt würde. In diesem Falle würde dann auch, wie wir es vorausgesetzt haben, die bifilare Suspension nicht von den Temperatur-Aenderungen des Magneten mit afficirt. Die bifilare Suspension endlich ist leicht so einzurichten, dass durch Justirung der Fadenentfernungen oben und unten für jeden in das Schiffchen eingelegten Magneten der Torsionswinkel annähernd auf 64° gebracht werden kann.

Hiermit glaube ich zur Genüge gezeigt zu haben, dass wie für die Ermittlung der Variationen der Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus, so auch für die Bestimmung der Variationen des Stabmagnetismus mit der Temperatur das Bifilar das empfindlichste Mittel ist und mit Recht zu erneutem Studium der Gesetze der letztern zu empfehlen ist. Wie sehr dies zu wünschen ist, mögen am besten folgende, vorläufige Untersuchungen und Betrachtungen zeigen.

Dufour hat in seiner schon mehrfach erwähnten Abhandlung und früher in einer vorläufigen Notiz[1]) ein für die erdmagnetischen Messungen höchst wichtiges Resultat seiner Untersuchungen über den Einfluss der Temperatur auf den Stabmagnetismus mitgetheilt, wornach die Veränderungen des letztern mit der Temperatur nicht bloss viel regelmässiger, sondern auch sehr viel kleiner werden sollen, wenn man die Magnetisirung des betreffenden Stahlstabes bei einer Temperatur vornehme, die höher ist als alle die, denen man später den Stab aussetzt. Demgemäss hat Dufour am Schluss sowohl jener Notiz als auf S. 32 der grössern Abhandlung folgende Regeln für die Behandlung der Magnetstäbe aufgestellt, welche zu Beobachtungen des Erdmagnetismus bestimmt sind.

1. Die Stahlstäbe sollen bei einer Temperatur magnetisirt werden, die jedenfalls höher ist als alle die, bei welchen später damit Beobachtungen angestellt werden.

1) L. Dufour, de la correction de la température dans les observations du magnétisme terrestre. Archives des sciences phys. et nat. T. 31 p. 1. 1857.



2. Nach der Magnetisirung soll man die Temperatur der Magnetstäbe 20 — 30 Male zwischen der Temperatur der Magnetisirung und der niedrigsten, der sie später ausgesetzt werden sollen, variiren.

3. Der Temperatur-Coefficient des Magnetstabes soll erst dann bestimmt werden, nachdem man denselben den erwähnten Operationen unterworfen hat.

Genau nach diesen Regeln habe ich, unterstützt von Herrn Pernet, am $^{9}/_{21}$. November 1871 — nachdem sie schon einmal einige Tage vorher nahezu derselben Procedur unterworfen worden waren — folgende Magnetstäbe behandelt:

Nr. 1 *a* und 1 *b*. Zwei Stäbchen aus Wolframstahl von 60^{mm} Länge, 6^{mm} Breite und $1^{mm},5$ Dicke, von Brauer in St. Petersburg angefertigt und zum magnetischen Universalinstrument gehörig.

„ 2. Glasharter runder Stahlstab von 6^{mm} Durchmesser und 85^{mm} Länge, an den Enden zugespitzt, von Krause in St. Petersburg verfertigt.

„ 3 *a* und 3 *b*. Zwei runde Ablenkungs-Magnete zum Magnetograph von 105^{mm} Länge und 10^{mm} Dicke von Adie in London verfertigt.

„ 4. Stahlstab von 138^{mm} Länge, 20^{mm} Breite und $2^{mm},8$ Dicke für das Bifilar des Magnetographen bestimmt und von Adie in London verfertigt.

„ 5. Stahlstab von 137^{mm} Länge, 20^{mm} Breite und $2^{mm},8$ Dicke für die Lloyd'sche Wage des Magnetographen bestimmt und ebenfalls von Adie in London angefertigt.

„ 6. Hohler Cylinder von Wolframstahl, 80^{mm} lang, 13^{mm} äusserm und 10^{mm} innerm Durchmesser von Brauer in St. Petersburg angefertigt.

„ 7. Stahlstab von 128^{mm} Länge, 9^{mm} Breite und $3^{mm},2$ Dicke für das Bifilar-Magnetometer von Krause in St. Petersburg angefertigt.

Zu dem Ende wurde auf den Polen eines grossen Electromagnets, den mir Herr von Jacobi freundlichst aus dem physikalischen Kabinet der Akademie lieh, ein Messingblechkasten wasserdicht so aufgesetzt, dass die Polenden durch passende Oeffnungen im Boden des Kastens

hindurchgingen. Die auf diese Pole aufzusetzenden Anker aus weichem Eisen, zu diamagnetischen Untersuchungen bestimmt, waren mit horizontalen Bohrungen von circa 25^{mm} Weite versehen, in welche Cylinder aus weichem Eisen genau passten. Zwischen die schneidenartig zugeschärften Enden dieser Cylinder wurden nun die zu magnetisirenden Stahlstäbe eingeschaltet und dabei das in der Wanne befindliche, umgebende Wasser durch eingeleiteten Wasserdampf beständig auf 45° C. erhalten. Die Erregung des Electromagnets erfolgte durch 8 constante Bunsen'sche Elemente von grosser Oberfläche, wie sie Ruhmkorff seinen grossen Inductionsapparaten beigiebt. Es genügte dabei selbst für die härtesten und grössten der obigen Magnetstäbe ein einmaliger kurzer Schluss, um sie bis zur Sättigung und sehr regelmässig zu magnetisiren.

Nach erfolgter Magnetisirung wurde zunächst der Magnetismus aller Stäbe approximativ nach der Ablenkungsmethode bestimmt, darauf ihre Temperatur 20 Male nach einander durch abwechselndes Eintauchen in eine Wanne mit Wasser von 40° C. und in ein, durch eine umgehende Kältemischung beständig auf — 16° C. erhaltenes Spiritusbad zwischen diesen Temperatur-Grenzen variirt und endlich ihr Magnetismus neuerdings nach derselben Methode untersucht. Es ergab sich dabei, dass durch die Temperatur-Variation das magnetische Moment der Krause'schen Stäbe durchschnittlich nur um 0,1, das der Brauer'schen um 0,15 und am meisten, nämlich um 0,2—0,25 des ganzen Betrags, dasjenige der englischen abgenommen hatte.

Die Temperatur-Coefficienten der Magnete 1*a* und 1*b* habe ich am $^{11.}/_{23.}$ und $^{12.}/_{24.}$ November 1871 durch Ablenkungsbeobachtungen vermittelst des im Repertorium für Meteorologie beschriebenen magnetischen Universalinstrumentes [1]) bestimmt. Die doppelwandige Büchse zur Aufnahme des Ablenkungsmagneten wurde dabei das eine Mal mit kaltem, das andere Mal mit warmem Wasser gefüllt und jeweilen zur Elimination der Variationen des magnetischen Meridians sowohl wie der Temperatur der doppelte Ablenkungswinkel durch zweimaliges Umlegen des Magneten gemessen.

Indem ich zuerst von höherer zu niedriger Temperatur und später von niedriger zu höherer überging, fand ich so für den Stab 1*a*:

---

1) Wild, über ein neues magnetisches Universal-Instrument. Repertorium für Meteorologie, T. III, Nr. 2, 1872. — Vergl. Bd. VIII pag. 208 dieser Zeitschrift.

	t_1	t_2	φ_1	φ_2
1)	31°,6 C.	2°,7 C.	20°48′ 0″	21°2′46″
2)	34,3	4,7	20 44 50	21 0 23

Daraus folgt nach Gleichung 13′ für fallende Temperatur:

$$\mu = 0{,}000370$$

und für steigende Temperatur:

$$\mu = 0{,}000400.$$

Beim 2ten Magneten 1*b* wurde nur bei steigender Temperatur beobachtet und zwar ergab sich da:

t_1	t_2	φ_1	φ_2
34°,50	0°,23	20°3′47″	20°26′27″,

also:

$$\mu = 0{,}000516.$$

Diese Coefficienten können nahezu auf die verlangte Genauigkeit von $\pm$ 0,000003 Anspruch machen, da dieses Instrument Winkel bis auf $\pm$ 10″ ganz sicher bestimmen lässt und die Temperatur der Magnete mit einem Fehler von höchstens $\pm$ 0°,2 erhalten wurde.

Von den übrigen Magneten mit Ausnahme von 6 haben die Herren Pernet und Mielberg gemeinschaftlich die Temperatur-Coefficienten ebenfalls nach der Ablenkungsmethode im November 1871 bestimmt; sie bedienten sich aber dabei des Unifilars des Magnetographen ohne den Weber'schen Kunstgriff. Die Gesammtablenkungen betrugen durchschnittlich $n = 200$ Scalentheile und die Ablenkungsdifferenz für eine Temperaturdifferenz $\delta = 30^\circ$ C. war nahezu $\nu = 3$ Scalentheile bei einer Genauigkeit der Ablesung $\delta\nu = \pm 0{,}1$ Scalentheil und der Temperaturbestimmung $d\delta = \pm 0^\circ{,}1$ C. Aus Gleichung 14 folgt aber:

$$d\mu = \frac{d\nu}{\delta . n} - \frac{\nu . d\delta}{n . \delta^2} - \frac{\nu . dn}{\delta . n^2};$$

also ist, wenn wir hier die vorstehenden Werthe einführen und $dn = \pm 1$ Scalentheil setzen:

$$d\mu = \pm 0{,}00001667 \mp 0{,}00000167 \mp 0{,}00000250.$$

Im ungünstigsten Falle wird somit der Fehler der nachstehenden Coefficienten sein:

$$d\mu = \pm 0{,}00002034.$$

Es ist nämlich der Temperatur-Coefficient zwischen 0 und 30° für 1° C. nach diesen Bestimmungen bei:

Magnetstab Nr.	2	$\mu = 0,000420$
„ „	3 *a*	0,001141
„ „	3 *b*	0,000397
„ „	4	0,000476
„ „	5	0,000398
„ „	7	0,000436.

Jedes dieser Resultate ist übrigens je aus durchschnittlich 6 einzelnen Messungen bei abwechselnd hoher (30°) und niedriger Temperatur (0°) abgeleitet. Dabei zeigte sich im Allgemeinen auch, dass der Temperatur-Coefficient bei steigender Temperatur etwas grösser ausfällt als bei fallender.

Für die Magnete Nr. 4 und Nr. 7 der Bifilarmagnetometer besitzen wir ausserdem noch andere, indirecte Bestimmungen der Temperatur-Coefficienten. Im Jahre 1870 nämlich hat Herr Rykatschef, und zu Anfang der Jahre 1872 und 1873 Herr Mielberg den Einfluss der Temperatur auf den Stand der Bifilare direct durch Abkühlung und Erwärmung des ganzen Zimmers[1]) bestimmt. Dabei erhalten wir nicht unmittelbar den Temperatur-Coefficienten μ des Magneten, sondern eine Grösse:

$$a = \mu - \lambda + 2\Delta,$$

wo λ der lineare thermische Ausdehnungs-Coefficient der Substanz der Aufhängedrähte des Bifilars und Δ derjenige der Verbindungsstücke der Drähte oben und unten. Es ist also:

$$\mu = a + \lambda - 2\Delta.$$

Sind wie bei unserem Bifilarmagnetometer für directe Ablesung die Suspensionsdrähte von Silber und die Verbindungsstücke von Messing, so kann man mit genügender Annäherung:

$$\lambda = \Delta = 0,000018$$

setzen. Beim Bifilar des Magnetographen bestehen dagegen die Aufhängedrähte aus Stahl, während die Verbindungsstücke beider auch wieder von Messing sind; man hat also da:

$$\lambda = 0,000012, \quad \Delta = 0,000018.$$

1) Einleitung zu den magnetischen Beobachtungen im physikalischen Central-Observatorium in St. Petersburg. Anhang zu den Annalen von 1870 und 1872.



In Berücksichtigung dessen ergeben sich aus den Bifilar-Beobachtungen für die genannten zwei Magnete folgende Werthe des Temperatur-Coefficienten für 1° C.:

Magnet	Zeit	Temperat. steigend oder fallend von	bis	μ	Mittel
Nr. 4	1870	20°	6°		
		6	20	0,000440	0,000440
„	1872	25	3	0,000420	
		3	26	0,000426	0,000423
„	1873	22	15	0,000402	
		15	28	0,000385	0,000394
Nr. 7	1870	20	6		
		6	20	0,000459	0,000459
	1872	23	3	0,000432	
		3	23	0,000468	0,000450
„	1873	19	3	0,000368	
„	Febr.	3	18	0,000446	0,000407
„	März	18	3	0,000404	
		3	19	0,000428	0,000416

Halten wir diese Werthe mit den unmittelbar nach der Neu-Magnetisirung im November 1871 für dieselben Magnete ermittelten zusammen, so sehen wir zunächst, dass bei beiden seit jener Epoche eine allmälige Abnahme des Temperatur-Coefficienten stattgefunden hat. Wir erkennen ferner, dass mit Ausnahme einer einzigen Bestimmung beim Stab 4 die Temperatur-Coefficienten für steigende Temperaturen immer etwas grösser ausfallen als für fallende, was unzweifelhaft auf die bekannte Thatsache hinweist, dass ausser dem vorübergehenden Verlust an Magnetismus bei der Erwärmung, dabei auch noch ein bleibender stattfindet, der bei der Abkühlung nicht wieder ersetzt wird. Sodann zeigt sich, dass die Behandlung dieser Magnete nach der Dufour'schen Regel den Temperatur-Coefficienten derselben nicht wesentlich verändert hat; welches Verfahren beim ersten Magnetisiren derselben eingeschlagen worden ist, kann ich freilich nicht sagen. Anderseits ist auffallend, dass alle nach der Dufour'schen Methode behandelten Stäbe von so verschiedener Grösse und Qualität des Stahls doch nur so wenig verschiedene

Werthe des Temperatur-Coefficienten zeigen. Die einzige Ausnahme macht der Stab $3a$, die aber durch die bekannte Erfahrung erklärt wird, dass weichere Stahlstäbe, welche einen geringern Grad des Magnetismus annehmen, stets grössere Temperatur-Coefficienten besitzen. Dieser Stab besitzt nämlich, obschon er genau gleiche Dimensionen wie $3b$ hat und ganz gleich magnetisirt und behandelt worden ist, nur ein halb so grosses magnetisches Moment wie letzterer. Diese Bemerkungen, zusammengehalten mit den früheren Erörterungen über die Genauigkeit der Dufour'schen Beobachtungen, fordern des Entschiedensten dazu auf, seine Untersuchungen nach einer genauern Methode wieder aufzunehmen.

Endlich, und das scheint mir das bemerkenswertheste Resultat unserer vorläufigen Messungen, weisen die Differenzen zwischen den selbst nach der genauesten, der Bifilar-Methode bestimmten Temperatur-Coefficienten ein und desselben Magneten darauf hin, dass, gleichviel, ob dieselben wirklich bestehen oder nur scheinbar sind und ungenügenden Beobachtungsmethoden zuzuschreiben wären, der gegenwärtige Zustand unserer magnetischen Instrumente und unserer Kenntniss der Gesetze des Magnetismus nicht genügend ist, um die Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus mit einer Sicherheit von $\pm 0{,}0001$ zu bestimmen. Der Fehler einzelner Bestimmungen der letztern scheint vielmehr hiernach zur Zeit noch nahezu 10 Male grösser zu sein und dies ist in auffallender Uebereinstimmung mit den Resultaten der gleichzeitigen Beobachtungen zweier Bifilar-Magnetometer im physikalischen Central-Observatorium während des Jahres 1872, wobei sich zwischen den Angaben beider ganz entsprechende Differenzen ergaben [1]).

Noch auf einen Punct möchte ich schliesslich aufmerksam machen. Wir haben bis dahin angenommen, dass die Veränderung des Stab-Magnetismus mit der Temperatur bloss eine lineare Function der letztern sei. Dies ist indessen streng genommen nicht der Fall, vielmehr allgemein:

$$M_t = M_0\,(1 - \mu t - \nu t^2)$$

zu setzen; oder wir können mit andern Worten auch annehmen, es sei unser bisheriger Coefficient μ nicht unabhängig von der absoluten Temperatur, sondern man habe etwa:

---

1) Siehe Einleitung zum Anhang der Annalen des physikalischen Central-Observatoriums für 1872, und Jahresbericht des Observatoriums für 1871 und 1872, S. 19.

$$\mu = \mu_0 + k \cdot t$$

also:

$$M_t = M_0 [1 - (\mu_0 + k \cdot t) t].$$

Nach Lamont's und Unverdorben's Untersuchungen ist in runder Zahl:

$$k = 0{,}01 \cdot \mu_0.$$

Soll nun das Glied $k.t$, wie wir es bisher gethan haben, vernachlässigt werden, so ist dies unbeschadet der gewünschten Genauigkeit nur möglich, wenn höchstens:

$$k.t = 0{,}01 \cdot \mu_0 \cdot t = d\mu$$

wird. Hieraus aber folgt für:

$$\mu = 0{,}001 \quad \text{und} \quad d\mu = \pm 0{,}000003:$$
$$t = \pm 0^{\circ}{,}3 \text{ C.}$$

d. h. schon bei kleinen Abweichungen von der Normaltemperatur darf für genaue Messungen die Variation des Temperatur-Coefficienten mit der Temperatur nicht mehr vernachlässigt werden.

Bei neuen Untersuchungen über den Einfluss der Temperatur auf den Stabmagnetismus wird somit auch dieser Umstand mit in Betracht zu ziehen sein; auch dürfte es gerathen sein, dabei zwei verschiedene, unabhängige Wege einzuschlagen, also etwa nach der von Weber vervollkommneten Ablenkungsmethode und zugleich mittelst des Bifilars die Beobachtungen auszuführen.

Antwort auf die Bemerkungen des Herrn Bredichin.

Von

N. Lubimoff.

(Aus dem Bülletin de la Soc. des Nat. de Moscou Nr. 1, 1873. Vom Herrn Verfasser eingesandt.)

In Nr. 4 (1872) des „Bulletin de la Société des Naturalistes de Moscou" tritt Hr. Bredichin als strenger Kritiker meines Artikels: Neue Theorie des Sehfeldes und der Vergrösserung optischer Instrumente, auf[1]). Ich sehe mich veranlasst, eine kurze Antwort seinen Bemerkungen entgegenzustellen.

1) Niemand hat das Recht aus einem Artikel etwas Anderes herauszulesen, als was geschrieben steht, und dem Autor Ansichten zu unterlegen, die er nicht ausgesprochen. Ich habe in meiner Abhandlung erwähnt, dass die allgemein angenommene Theorie des Sehfeldes des Galiläi'schen Fernrohres (d. h. diejenige, welche die Lehrbücher und der Unterricht anerkannt) ein grober Fehler ist, der aus einem Lehrbuch in das andere übergegangen und bis jetzt nicht die Aufmerksamkeit der Verfasser auf sich gezogen hat. Als Bestätigung meiner Ansicht habe ich eine Reihe Citate angeführt und zugleich bemerkt, dass ich in keinem der Lehrbücher, die ich Gelegenheit hatte durchzulesen, eine richtige Bestimmung des Sehfeldes des Galiläi'schen Fernrohres gefunden. Der Gegenstand schien mir aber eine einfache Lösung zuzulassen und ich habe dieselbe mitgetheilt. Was hat Hrn. Bredichin veranlasst, in meinen vorsichtigen und bescheidenen Ausdrücken die Anmassung einer neuen Erfindung zu sehen? Weshalb ich die Tractate nicht angeführt, auf die Hr. Bredichin hinweist? Aus dem einfachen Grunde, weil es mir gelang, die Frage auf einfachem und elementarem Wege früher zu lösen, ehe ich ge-

1) Cf. pag. 108 dieses Bandes des Repertoriums.

nöthigt war, weitere Auskünfte zu suchen. Ich will übrigens eines Umstandes erwähnen, welcher, wie ich hoffe, auch dem Gedächtnisse Hrn. Bredichin's nicht entfallen sein wird. Als ich die Abhandlung von Brandes über das Galiläische Fernrohr im Gehler'schen Wörterbuche durchsah, begegnete ich einer Formel, welche nach einer unbedeutenden Transformation in den Ausdruck übergeht, welcher aus meinem elementaren Principe folgt; ich habe selbst Hrn. Bredichin auf diese Formel aufmerksam gemacht, in der ich eine Bestätigung für die Richtigkeit der einfachen Anschauung, die ich in meiner Abhandlung entwickelt, sah. Nun erscheinen Brandes und das Wörterbuch als wesentliche Waffen gegen mich gerichtet.

2) In seiner ursprünglichen Entgegnung (im Protocolle einer der Sitzungen der Gesellschaft der Naturforscher verzeichnet) hat Hr. Bredichin die Untauglichkeit des Principes, welches die Basis meiner Theorie bildet, dadurch beweisen wollen, dass in der auf Grund derselben hergeleiteten Formel der Einfluss, den die Grösse der Pupille ausübt, fehlt. Aber aus dem Inhalte des ganzen Artikels ist nicht schwer zu entnehmen, dass das Auge implicite, als ein Punct betrachtet wird. Ich war hierzu berechtigt, da unmittelbare Messungen bewiesen, dass bei Beobachtungen mit vollem Objective die Formel mit hinreichender Genauigkeit die Grösse des Sehfeldes bestimmt. (Es wurde die Länge des Rohrs, oder die Entfernung des Objectivs vom Ocular unmittelbar gemessen, die Vergrösserung aber empirisch bestimmt.)

Auf Grundlage des von mir angegebenen Principes hat es durchaus keine Schwierigkeit auch den Einfluss der Pupille theoretisch in Betracht zu ziehen.

Wenn man durch eine Oeffnung sieht, so ist das ganze sichtbare Feld nicht streng durch die geraden Linien begrenzt, die vom Mittelpunkt des Auges als Centrum zu dem Rande der Oeffnung gezogen werden. Das Auge sieht etwas über dem Rande der Oeffnung hinweg. Aus diesem Grunde wird die Winkelgrösse des Sehfeldes auf jeder Seite der Oeffnung um einen Winkel vergrössert, der sich auf dieselbe Oeffnung der Pupille stützt und dessen Scheitel am Rande oder (was im betrachteten Falle dasselbe ist) im Centrum der Oeffnung sich befindet. Bei dem Galiläischen Fernrohre entspricht der Oeffnung das imaginäre Bild des Objectives; die Entfernung dieses Bildes vom Auge (welches sich am Ocular befindet) ist $\frac{F_2(F_1 - F_2)}{F_1}$ oder $\frac{F_1 - F_2}{G}$,

wo G die Vergrösserung bedeutet. Ist nun α der Diameter der Pupille, so wird das Maass des genannten Winkels, doppelt genommen, $\frac{\alpha G}{F_1 - F_2}$ sein. Aber eine jede durch das Rohr gesehene Winkelgrösse entspricht einem G mal kleineren wirklichen Winkel; es wird folglich die Grösse, um welche sich das Sehfeld erweitert, wenn die Pupille einen merklichen Diameter α hat, erhalten, wenn man dann diesen Ausdruck durch G dividirt. Diese Grösse ist demnach $\frac{\alpha}{F_1 - F_2}$.

Der vollständige Ausdruck des Sehfeldes ist also

$$\frac{360^0}{2\pi}\left[\frac{d}{F_1 - F_2}\cdot\frac{F_2}{F_1} + \frac{\alpha}{F_1 - F_2}\right].$$

In der Praxis ist das zweite Glied gewöhnlich von keinem bedeutenden Einflusse, da die Erweiterung des Sehfeldes, auf welche dasselbe sich bezieht, in die Region des undeutlichen Sehens fällt. Verkleinert man aber absichtlich bedeutend die Oeffnung des Objectives vermittelst eines Diaphragma's, so giebt das erste Glied allein eine zu kleine Grösse.

Uebrigens kann die Grösse des zweiten Gliedes nicht strenge bestimmt werden, da der Diameter α nicht genau bekannt ist. Um die Frage über den Einfluss der Pupille practisch zu entscheiden, bleibt daher blos der Weg des Experiments übrig. Auf diesem Wege kann der von uns angegebene Standpunkt von besonderem Nutzen sein. Es muss untersucht werden, um wie viel bei einer Oeffnung von gegebener Grösse und einer bestimmten Entfernung des Auges das wirklich übersehbare Feld denjenigen Winkel übertrifft, der auf den Durchmesser der Oeffnung sich stützend, seinen Scheitel im Centrum des Auges hat; die hieraus sich ergebenden Resultate wären alsdann auf das imaginäre Bild, welches im Galiläischen Fernrohre die Bedeutung einer Oeffnung (eines optischen Fenster) hat, anzuwenden.

Dass die Grösse der Pupille bei Beobachtungen durch eine Oeffnung einen Einfluss ausübt, ist für mich nicht neu; als Beweis hierzu kann meine Abhandlung in den Annales de Physique et de Chemie 1858 (September-Heft) dienen, in der ich zuerst diesen Gegenstand untersucht habe. Die Bemerkungen Hrn. **Bredichin's** sind also mindestens verspätet.

3) Hr. Bredichin findet, dass das von mir aufgestellte Princip die Frage blos in dem einfachsten Falle, wenn das Auge am Ocular sich befindet, löst und zu „Verwirrung“ in complicirtern Fällen, z. B. wenn das Auge sich vom Ocular entfernt, Veranlassung gibt.

Im Gegentheile, von meinem Standpuncte aus, erklären sich besonders einfach sowohl dieser wie auch andere Fälle; man muss nur nicht solche Fehler begehen wie Hr. Bredichin sie sich zu Schulden kommen lässt, welche beweisen, dass er sich die Idee des optischen Fensters, die meinen Betrachtungen zu Grunde liegt, nicht vollständig angeeignet hat, und einen Gegenstand angreift, den klar sich vorzustellen er sich nicht die Mühe nahm. Er behauptet, dass ich das Objectiv mit einer Oeffnung vergleiche, dass bei der Untersuchung des angegebenen Falles ich zwei Fenster zu betrachten habe, ein convexes (??) — das Objectiv, und ein concavés (??) — das Ocular u. s. w. Offenbar wird nichts dergleichen verlangt; die Frage wird einfach gelöst, indem man das imaginäre Bild des Objectives als eine wirkliche Oeffnung betrachtet, durch welche man sieht, und von welcher man sich entfernt. Es sei δ der Durchmesser dieses imaginären Bildes, welches als optisches Fenster dient, und $\varDelta$ seine Entfernung vom Ocular. Ist das Auge am Ocular, so ist das Maass des Sehfeldes $\frac{\delta}{\varDelta}$; befindet sich aber das Auge in einer Entfernung z vom Ocular, so wird das Maass des Sehfeldes $\frac{\delta}{\varDelta+z}$ sein. Nun ist $\frac{\delta}{\varDelta+z} = \frac{\delta}{\varDelta} \cdot \frac{\varDelta}{\varDelta+z}$. Kennt man daher die Grösse des Sehfeldes, wenn das Auge sich am Oculare befindet, so erhält man die Grösse des Sehfeldes für eine Entfernung Z des Auges vom Ocular, in dem man die erste Grösse mit $\frac{\varDelta}{\varDelta+z}$ multiplicirt.

Da nun $\varDelta = \frac{F_2}{F_1}(F_1 - F_2)$ und $\frac{\delta}{\varDelta} = \frac{D}{F_1 - F_2} \cdot \frac{F_2}{F_1}$ wo D der Durchmesser des Objectives bedeutet, so ist das Sehfeld für ein vom Ocular sich entfernendes Auge $\frac{D F^2_2}{F^2_1 z - F_1 F_2 (F_1 - F_2)}$.

Ich empfehle Hrn. Bredichin diese Aufgabe, unabhängig von unserm Principe, schneller und einfacher auf anderem Wege zu lösen.

4) Die Frage, die Grösse des Sehfeldes bei seitlichen Verrückungen des Auges betreffend, lässt sich ebenfalls, gegen die Meinung

Hrn. Bredichin's auf Grundlage meines Princips mit der grössten Einfachheit lösen. Das durch das imaginäre Bild des Objectives dargestellte optische Fenster kann bei einer Verrückung des Auges als unbeweglich angesehen werden; das Auge sieht aber in Folge seiner Verrückung durch dasselbe Fenster verschiedene Gegenstände in verschiedener Lage.

Geht das Auge von einem Rande des Oculars zu dem entgegengesetzten über, so entspricht die Entfernung desjenigen Gegenstandes, welcher im ersten Falle im Centrum des Sehfeldes erscheint, von demjenigen Gegenstande, welcher im zweiten Falle das Centrum des Sehfeldes einnimmt, einem Winkel, dessen Scheitel sich im Centrum des imaginären Bildes befindet, und der sich auf den Diameter des Oculars stützt; dieser Winkel ist $\frac{d}{\Delta}$ oder $\frac{d}{F_1 - F_2} \cdot \frac{F_1}{F_2}$, wo d den Diameter des Oculars bedeutet. Dieser Ausdruck bestimmt die anguläre Entfernung des genannten Gegenstandes, wie dieselbe durch das Rohr beobachtet wird. Die wirkliche anguläre Entfernung erhält man, wenn man jene durch die Vergrösserung dividirt. Es ist dieselbe demnach $\frac{d}{F_1 - F_2}$. Folglich wird der Raum, den man durch das Rohr übersehen kann, wenn man das Auge von einem Rande des Oculars bis zum andern verschiebt, oder das ganze Sehfeld, durch den Winkel bestimmt, unter welchem das Ocular aus dem Centrum des Objectives gesehen erscheint (ebenso wie in dem Kepler'schen Fernrohr).

5) Hr. Bredichin ist der Ansicht, dass das von mir in Anwendung gebrachte Princip der optischen Fenster nichts anders als „ein Gleichniss" sei; ja es ist ein „Gleichniss", aber in derselben Art, wie die ganze Theorie der imaginären Bilder ein „Gleichniss" ist, wie es ebenfalls die Theorie des ebenen Spiegels, welche aussagt, dass die Strahlen von einem Spiegel zurückgeworfen werden, als ob hinter dem Spiegel ein dem gegebenen Gegenstande symmetrischer Gegenstand sich befindet.

6) Hr. Bredichin meint, dass die allgemein gebräuchliche Bestimmung des Sehfeldes für das Galiläische Fernrohr durch den Winkel, unter welchem die Oeffnung der Pupille aus dem Centrum des Objectives gesehen erscheint, nur eine geringe Ungenauigkeit zulässt, weil derjenige Theil des Sehfeldes, der durch diesen Winkel bestimmt wird, nach seiner Ansicht eine „mehr reale Bedeutung hat" als der-

jenige Theil, welcher durch das erste Glied der Formel ausgedrückt ist. Es bleibt für mich ein Geheimniss, was der Autor hiermit hat sagen wollen, denn die folgenden Worte, die diese Bemerkung erklären sollten, sind nicht zu verstehen:

„Wenn wir die Bedingung stellen, dass die Strahlen — wenn sie auch nicht die ganze Pupille einnehmen, sondern durch nicht weniger als die Hälfte des Objectivs oder eine möglichst grosse Oberfläche seiner centralen Theile gehen, — was von der verhältnissmässigen Grösse der Pupille und dem Kegelschnitt der Strahlen in der Ebene der Pupille abhängt, — dann werden wir für das Sehfeld die aus dem Euler'schen Lehrsatze gezogene Formel erhalten."

7. Hr. Bredichin erwähnt seiner unter verschiedenen Umständen ausgeführten Messungen des Sehfeldes eines Galiläischen Fernrohres, das er zur Hand hatte. Leider hat er nur eine seiner Beobachtungen und selbst diese mit Druckfehlern angeführt. Die Länge der Röhre ist 7 Decimeter, d. h. mehr als eine Arschin. Ich ersuche Hrn. Bredichin angelegentlich, einige der von ihm erhaltenen Zahlen mitzutheilen, — um die Möglichkeit zu ermitteln, eine Beobachtung durch eine andere zu controliren, und zugleich bestimmter anzugeben, was er als Entfernung des Objectives vom Ocular angenommen und von welchem Puncte des Objectivs (das wie bekannt ziemlich dick ist) er die Focal-Entfernung F_1 zählt. Ich habe Gründe, die ich ungesäumt mittheilen werde, sobald Hr. Bredichin die von mir verlangten Beobachtungen veröffentlicht, zu glauben, dass die Zahlen, welche Hr. Bredichin erhalten, ungenau sind, und so seine Messungen keinen Werth haben.

Am 15. Mai 1873.

Fall-Myographion.

Von

A. E. Jendrássik,

Professor der Physiologie an der Universität zu Budapest.

(Hierzu Tafel XXIII—XXV.)

Ein Myographion, dessen Gehwerk (Fallapparat) die gleiche Construction hatte wie der von Prof. E. Harless unter dem Namen „Atwood'sches Myographion" beschriebene Apparat[1]), und welches mir vom Hrn. Mechanikus Stollenreuther in München geliefert wurde, gab mir Gelegenheit, dasselbe auf seine Leistungsfähigkeit eingehend zu prüfen. Wenn sich nun hierbei manche sinnreich angebrachte Vorrichtung auch practisch recht gut bewährte, besonders aber das Princip der Atwood'schen Fallmaschine für die Construction des Myographions sich als sehr anwendbar erwies; so konnte doch andererseits nicht verkannt werden, dass der Apparat eben das Haupterforderniss, nämlich die Herstellung einer stets gleichförmig verbleibenden Bewegung innerhalb einer bestimmten Strecke, unerfüllt liess.

Indem ich nun den Ursachen dieser Unzuverlässigkeit nachforschte und auf Mittel bedacht war, jene zu vermeiden, gelangte ich zur Construction des gegenwärtigen Myographions, welches mit Ausnahme zweier später anzugebender Vorrichtungen nicht nur in der Construction seines Gehwerkes wesentlich abweicht von derjenigen des Harless'schen Fallaparates, sondern auch derartig vervollständigt ist, dass es wohl Alles das und mit derselben Genauigkeit zu leisten vermag, was die sonst im Gebrauch stehenden, nach verschiedenen Principien construirten Myographien leisten, in seiner leichten und bequemen Handhabung aber diese wohl auch noch übertreffen dürfte.

---

1) Professor E. Harless. „Zur inneren Mechanik der Muskelzuckung und Beschreibung des Atwood'schen Myographion." Abhandl. der k. bayer. Akad. d. W. II. Cl. IX. Bd. 2. Abth.

Der von mir als Fall-Myographion bezeichnete Apparat besteht:

1. Aus dem Gehwerk — (Fallapparat) — nebst einer Vorrichtung zur Auslösung des Reizungsstromes;

2. aus der Schreibvorrichtung;

3. aus dem Muskelhalter sammt Klemmen und Electroden.

Als Neben-Apparat gehört noch dazu ein Messrahmen zur Ausmessung der Zuckungscurven.

I. Das Gehwerk.
(Fallapparat.)

Das 115 Cm. hohe, transportable, aus drei mit einander fest verschraubten Theilen bestehende, gusseiserne Gerüste — (*A A* Fig. 1, 2 und 3) — ruht vollkommen fest auf vier Schraubenfüssen — (*a a a* Fig. 1 und 2) — dasselbe trägt die vertical hängende, genau gearbeitete, stählerne, ein Meter lange Führungsschiene — (*B B* Fig. 1, 2 und 3) — welche an ihrem oberen Ende mittelst einer ihr von hinten aufliegenden, oben durchbohrten Ansatzplatte — (*b* Fig. 1, 2 und 3) — zwischen zwei Schraubenmuttern — (in Fig. 1, 2 und 3 ist bei *c* die vordere sichtbar) an dem aus dem Gerüstrahmen nach vorne hervorragenden Zapfen — (*d* Fig. 1, 2 und 3) als dem einzigen fixen Puncte befestigt ist, während ihr unteres Ende zwischen zwei am Gerüste stellbar angebrachten Rollen — (*e e* Fig. 1 und 2) — auf und ab gleiten kann, wodurch jede Biegung dieser Schiene während einer bei Temperaturänderungen sich einstellenden Streckung vollkommen ausgeschlossen wird. Ist diese Schiene ein für allemal in der gehörigen Lage befestigt, so kann ihr die senkrechte Richtung jedesmal leicht gegeben werden durch richtige Aufstellung des ganzen Apparates auf seinen stellbaren Schraubenfüssen, wobei der auf der einen Seite des Gerüstes herabhängende über eine Spitze spielende Senkel — (*f* Fig. 1, 2 und 3) — die richtige Stellung anzeigt.

Den einander parallelen, prismatisch geformten Rändern dieser Schiene sind die Hohlkehlen der vier, zwischen Spitzen drehbaren Messingrollen — (*C C* Fig. 1 und 2) — des auf der Schiene verschiebbaren Rollengestells — (*D* Fig. 1 und 2) — genau angepasst. Letzteres besteht aus einem verticalen Stahlstab — (*E* Fig. 1 und 2) — mit dem sich zwei kürzere, horizontale, 12 Cm. von einander entfernte Stäbe — (*F F* Fig. 1 und 2) — kreuzen. Die Enden

dieser letzteren dringen durch die horizontale Bohrung von vier parallelepipedischen, mittelst Stellschrauben auf ihnen befestigten Messingstücken — (*g g* Fig. 1 und 2) — während die verticale Bohrung derselben die Zapfen der die Rollenaxen zwischen Spitzen umfassenden Gabeln — (*h h* Fig. 1 und 2) aufnehmen und mittelst Schraubenmuttern darin festhalten.

Es lassen sich demnach jene Rollen um verticale Axen in den Kreuzköpfen — (*g g* Fig. 1 und 2) — drehen, diese selbst aber können auf den Querstäben sowohl horizontal verschoben als auch um solche Axen mittelst Gegenschrauben gedreht werden, welche von den an den Querstangen befestigten Winkelstücken — (*i i* Fig. 1 und 2) — gegen jene Kreuzköpfe vordringen.

Vermöge dieser Dreh- und Verschiebbarkeit der Rollen können diese auf das Genaueste eingestellt und in einer Lage erhalten werden, in welcher das Rollengestell ohne Wackeln und auch ohne störende Reibung die Kanten der Führungsschiene entlang dahin rollen kann.

Die als Schreibfläche dienende aus 3.5 Mm. starkem Spiegelglas geschnittene Glastafel, — (H_1 Fig. 1 und 2) — welche eine Länge von 24 Cm. und eine Breite von 5 Cm. hat, wird an zwei, mittelst federnder Stellringe — (*k k* Fig. 1 und 2) — auf der verticalen Stange des beweglichen Rollengestells verschiebbaren Leisten — (*l l* Fig. 1 und 2) — in der Art befestigt, dass sie zwischen die flachen Köpfe der vier Stützschrauben, — (*m m* Fig. 1 und 2) — welche auf jenen Leisten hervorragen, und auf den Spindeln dieser Schrauben verschiebbare, an ihrer Vorderseite mit Tuch überzogene Schutzscheiben — (*n n* Fig. 1 und 2) — eingeschoben, zwischen denselben mittelst der vier, von der Seite leicht zugänglichen Stellschrauben (*o o* Fig. 2), welche jene Scheiben von rückwärts vorschieben, festgeklemmt wird.

Die beiden Endränder der Glasplatte sind nach der hinteren Fläche zu schräg abgeschliffen, damit sie vor der Spitze des später zu beschreibenden, in einer Führung vor- und zurückschiebbaren Schreibstiftes, ohne an diesen anzustossen, vorübergleiten könne.

Indem eine beliebige Anzahl solcher Glasplatten nach einander in leichter Weise ein- und ausgeschaltet werden kann, kann auch die Versuchsreihe ohne Unterbrechung fortgesetzt, die Ausmessung der erhaltenen Zuckungscurven aber nachträglich vorgenommen werden. Hierbei muss aber zu jeder der in ihrem Gewichte nicht vollkommen gleichen, mit Nummern bezeichneten Glastafeln noch je ein mit Schrotkörnern

und Papierschnittchen entsprechend gefülltes, an beiden Enden mit Kork abgeschlossenes und mit der Tafel gleich numerirtes Glasröhrchen — (*G* Fig. 1 und 2) — zugefügt werden, welches in die am unteren Ende des Rollengestells befindliche federnde Hülse — (*p* Fig. 1) — eingeschoben, das Gewicht der betreffenden Glastafel bis zu dem allen gemeinsamen Normalgewicht ergänzt.

Mit dem am oberen Ende des Rollengestells befindlichen Ring — (*q* Fig. 1) — wird dasselbe in den Haken — (*r* Fig. 1 und 2) — eingehängt, der mit Schraubengewinde versehen in dem kurzen Cylinder — (*H* Fig. 1 und 2) stellbar ist, der an der Schnur herabhängt, welche über die am Gipfel des eisernen Gerüstes zwischen Spitzen bewegliche Messingrolle — (*J* Fig. 1, 2 und 3) — geleitet, an ihrem andern Ende das aus einer mit Schrotkörnern gefüllten Messinghülse — (*K* Fig. 1 und 2) — bestehende Gegengewicht trägt, welches, wenn es an seiner tiefsten Stelle angelangt ist, von einem am Gerüste befestigten, mit Tuch gefütterten Kelch — (*L* Fig. 1 und 2) — aufgefangen wird.

Bei genauer Einstellung und Aequilibrirung des Rollengestells genügt schon ein Uebergewicht von 2 Grm., um dasselbe auf der Führungsbahn in Bewegung zu setzen. Zur Erzielung der nöthigen grösseren Geschwindigkeit aber dient als eigentliches Uebergewicht eine cylindrische Schale — (*M* Fig. 2) — von gleichem Durchmesser mit der Gegengewichtshülse, die an ihrem oberen Rande mit einem vorstehenden Saume — (*ϱ* Fig. 2), in der Mitte ihrer Höhlung aber mit einem verticalen, an beiden Enden offenen Rohr versehen ist, durch welches die Schnur zum Gegengewicht geleitet ist. Zwischen dem centralen Rohr und der Hülsenwand können in die Schale Bleiringe eingelegt werden.

Durch den ringförmigen Ausschnitt einer in entsprechender Höhe am Gerüste befestigten starken Messingplatte — (*N* Fig. 1 und 2), kann die Gegengewichtshülse frei durchpassiren, während die Uebergewichtsschale vermöge ihres breiten Saumes plötzlich aufgehalten wird, ohne dabei mit der Schnur in Berührung zu kommen, wodurch der von da an gleichförmige Gang des die Schreibfläche tragenden Rollengestells gestört werden könnte.

Das auf den Ring auffallende Uebergewicht bewerkstelligt auch die Schliessung oder Oeffnung eines Stromes mittelst einer Vorrichtung,

welche an der mit dem ringförmigen Ausschnitte versehenen 5 Mm. dicken Platte angebracht ist.

Diese im Wesentlichen der am Harless'schen Myographion befindlichen, nachgebildete Vorrichtung — (in Fig. 1 bei *O* nur theilweise sichtbar) — besteht aus einer zwischen Spitzen drehbaren Messingwalze — (α Fig. 1), von der vier Arme ausgehen, von welchen entweder die zwei äusseren, aus platten Messingfedern — (eine bei β Fig. 1 angedeutet) gebildeten Arme zwei isolirte Contactschrauben — (γ Fig. 1) — berühren können, oder es können die zwei inneren aus Kupferdrähten bestehenden Arme — (δ Fig. 1) — mit ihren amalgamirten Enden in das Quecksilber der zwei vor ihnen angebrachten Hartkautschuknäpfe — (ε Fig. 1) — eintauchen, je nach der Einstellung, welche man der Walze mittelst eines von ihrer Mitte abgehenden kurzen Hebelarmes gibt, der entweder an den vorderen oder an den hinteren Rand eines auf einem zweimal rechtwinkelig gebogenen Kniehebel angebrachten Vorsprunges angestemmt wird. Sobald das auffallende Uebergewicht mit seinem Rande das etwas über das Niveau der Ringfläche hinaufragende Ende des Kniehebels berührt, und dieser den sich an seinem Vorsprunge anstemmenden Walzenarm frei lässt, dreht sich die Walze unter dem Drucke einer Gegenfeder — (δ Fig. 1) — entweder so, dass bei der ersteren Einstellungsweise der bis dahin bestandene Contact der Walzenarme mit den Contactschrauben plötzlich aufgehoben wird, oder bei der zweiten Einstellungsweise so, dass die bis dahin ausserhalb der Quecksilbernäpfe gestandenen Arme nun in dieselben eingetaucht werden. Im ersteren Falle wird der bis dahin durch die Walze und die Contactschrauben hindurch geleitete Strom plötzlich unterbrochen; im zweiten Falle aber bei Einschaltung der Quecksilbernäpfe plötzlich eingeleitet. Indem so die Oeffnung und Schliessung des Stromes durch das auf den Ring aufschlagende Uebergewicht vermittelt wird, ist auch der Moment derselben ein constanter und genau bestimmbarer.

Um das Rollengestell in Gang zu setzen, wird dasselbe an dem unterhalb des eingeschalteten Ausgleichröhrchens befindlichen Griffe — (*S* Fig. 1 und 2) — gefasst und bis zum Hemmstift — (*Q* Fig. 1) — am unteren Ende der Führungsschiene herabgezogen, wobei der seitlich am Rollengestell angebrachte gekröpfte Zahn — (*R* Fig. 1 und 2) — an dem convexen Rand des hakenförmig aufwärts gebogenen Endes eines Kniehebels — (*S* Fig. 1) — vorübergleitet, der an der

vorletzten Sprosse des Gerüstes um eine horizontale Axe drehbar und mit einer Gegenfeder versehen, angebracht ist; indem so der Zahn, den Kniehebel etwas zurückdrückend, unterhalb des horizontalen Astes seines hakenförmigen Endes gelangt, ist auch das Rollengestell sogleich arretirt. Ein Druck mit der Hand auf den horizontalen Ast des Hebels genügt aber, um das Rollengestell aus dieser Arretirung zu befreien und dasselbe der Wirkung des Uebergewichts zu überlassen. Dieser Arretirungshebel ist ebenfalls der Constrution von Harless nachgebildet.

Dieser Kniehebel kann zugleich auch zur Oeffnung oder Schliessung eines Stromes verwendet werden; indem er einerseits an seinem horizontalen Arme mit einer Bohrung und Klemmschraube für den Leitungsdraht versehen ist, andererseits sein zwischen zwei isolirten Klemmschrauben beweglicher verticaler Arm beim Aufdrücken mit der Hand entweder ausser Contact gesetzt wird mit der einen Klemmschraube, die er bis dahin berührte, oder nun erst in Berührung gebracht wird mit der andern Klemme.

Am oberen Ende der Führungsbahn wird die Arretirung des Rollengestells durch zwei Federn — (*t t* Fig. 3) — bewerkstelligt, die am oberen Ende der Stahlschiene befestigt und mit den abgestumpften Kantenecken ihrer einander zugekehrten Backen in Berührung stehend, ober- und unterhalb dieser Stelle eine Bucht bilden; indem dann ein am Rollengestell nach rückwärts hervorragender Schraubenkopf beim Emporrollen des Gestells in die untere Bucht eindringt und die Federbacken auseinander drängt, büsst jenes seine Geschwindigkeit derart ein, dass beim Anstoss des Schraubenkopfes an den in der oberen Bucht befestigten Hemmstift — (*v* Fig. 3) — die gänzliche Unterbrechung der Bewegung ohne jede Erschütterung erfolgt. Die einander wieder berührenden Federbacken gewähren aber alsdann einen Stützpunct für den Schraubenkopf und damit auch für das Rollengestell, welches mit einem einfachen Zug am Griff wieder frei gemacht und an der Schienenbahn abermals herabgerollt werden kann.

Prüfung der Ganggenauigkeit des Fallapparates und Bestimmung seiner Geschwindigkeit.

Durch die eben auseinandergesetzte Construction des Apparates ist die Erfüllung jener beiden Bedingungen ermöglicht, von welchen die Ganggenauigkeit desselben vor Allem abhängt. Denn der einen

dieser Bedingungen, nämlich der möglichst vollkommen parallelen Lage der Kanten der Führungsschiene, besonders auf jener Bahnstrecke, wo die Geschwindigkeit eine gleichförmige sein soll, ist bei der Anfertigung dieser Schiene durch Hobeln und Schleifen derselben mittelst passender Vorrichtungen möglichst entsprochen worden. Die zweite Bedingung aber, das genaue, jedes Einzwängen wie auch jedes Schlottern ausschliessende Anpassen der Rollen des Rollengestells an die Kanten der Führungsschiene, kann eben vermöge der nach den erforderlichen Richtungen ermöglichten Stellbarkeit der Rollenlager so weit erfüllt werden, dass bei vollkommener Aequilibrirung des mit der Glastafel versehenen Rollengestells, dasselbe von jedem Puncte jener Bahnstrecke aus stets durch dasselbe geringe Uebergewicht von 2 Grm. in Bewegung gesetzt wird.

Die Prüfung der Ganggenauigkeit aber kann wohl am zuverlässigsten mittelst guter Stimmgabeln ausgeführt werden.

Ich habe zu diesem Zwecke vibrographische Stimmgabeln von König verwendet. Die Stimmgabel, deren eine Zinke mit einem elastisch biegsamen Metallfederchen versehen war, wurde in verticaler Lage an ein festes Gestell angeschraubt, so vor dem Apparat aufgestellt, dass die Spitze der Metallfeder die bewusste Glasfläche des Rollengestells sanft berührte und in Schwingungen versetzt auf derselben, innerhalb der Strecke der gleichförmig zu verbleibenden Bewegung, reine Curvenlinien notirte, nachher aber bei ruhender Stimmgabel, während das Rollengestell mit der Hand herabgezogen wurde, entlang der Curvenlinie die Abscissenlinie zog.

Der einer ganzen Schwingung entsprechende Abstand der Durchschnittspuncte der Curvenlinie mit der Abscisse wurde sodann nach einer weiter unten anzugebenden Methode bis auf 0,1 Mm. genau gemessen.

Die wiederholt theils mit derselben, theils mit verschiedenen Stimmgabeln bei demselben oder bei verschieden grossem Uebergewicht ausgeführten Versuche lieferten alle den Beweis, dass der Abstand jener Durchschnittspuncte im Verlaufe derselben Curve gleich blieb und somit auch, dass die Bewegung der Schreibfläche innerhalb der ganzen Strecke, wo sie nach dem Zurückbleiben des Uebergewichtes mit der zeichnenden Feder in Berührung stand, eine gleichförmige war.

Beispielshalber sei hier von diesen Versuchen nur der folgende angeführt.

Die Zahl der (ganzen) Schwingungen der bei leerer Uebergewichtsschale verwendeten Stimmgabel war 192 in der Secunde. Die einer ganzen Schwingung entsprechenden Abstände der Durchschnittspuncte der Curve mit der Abscissenlinie zeigten nach einander folgende Werthe:

2,8mm	2,9mm	2,7mm	2,8mm	2,8mm
2,8 „	2,8 „	2,8 „	2,8 „	2,8 „
2,8 „	2,8 „	2,8 „	2,8 „	2,7 „
2,7 „	2,8 „	2,8 „	2,8 „	2,8 „
2,8 „	2,8 „	2,8 „	2,8 „	2,9 „
2,9 „	2,8 „	2,8 „	2,8 „	2,7 „
2,8 „	2,8 „	2,8 „	2,9 „	2,9 „
2,8 „	2,8 „	2,8 „	2,7 „	2,8 „
2,8 „	2,8 „	2,8 „	2,9 „	2,8 „
2,7 „	2,9 „	2,8 „	2,8 „	2,8 „

Im Mittel also 2,8006 Mm.

Es ist wohl kaum zu bezweifeln, dass die stellenweise vorkommenden, sich aber alsbald wieder ausgleichenden Differenzen nicht Ungleichheiten im Gange des Apparates, sondern eher theils dem Umstande zuzuschreiben sind, dass die Metallfeder stellenweise eine kleine Aenderung in ihrer Neigung gegen die Schreibfläche in Folge der, wenngleich nur sehr geringen, Unebenheiten dieser Fläche erleidet, theils auch einer nicht ganz genauen Einstellung der Messvorrichtung auf den betreffenden Durchschnittspunct oder auch einer ungenauen Ablesung am Maassstabe, die nur bis auf 0,1 Mm. reichen konnte.

Bei der Verlässlichkeit der auf den Stimmgabeln angemerkten Schwingungszahlen konnte auch leicht aus der Länge der, der Schwingungsdauer entsprechenden Abstände der Schnittpuncte der Curve mit der Abscissenlinie die Geschwindigkeit der Schreibfläche selbst bestimmt werden; da, wenn n die Schwingungszahl und l die der Länge jener Abstände gleiche Wellenlänge heisst, die Geschwindigkeit c aus:

$$c = nl$$

sich ergibt; der in Secunden ausgedrückte Zeitwerth τ aber von 1 Mm. Abscissenlänge, aus:

$$\tau = \frac{1}{c}.$$

Die in obiger Weise bestimmten Werthe von c und τ bei verschiedenen Uebergewichten sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Uebergewicht			Grm.	Geschwindigkeit Mt. in d. Sec.	Zeitwerth von 1 Mm. Abscisse Sec.
Uebergewichtsschale — leer			= 76,226	0,5377	0,00186
„	mit Bleiring	I	= 118,480	0,6648	0,00150
„	„	II	= 154,671	0,7507	0,00133
„	„	I & II	= 196,925	0,8458	0,00118
„	„	II & III	= 227,411	0,9034	0,00110

Die Ganggenauigkeit des Apparates so wie die Richtigkeit der ermittelten Geschwindigkeit liess sich weiter noch auch dadurch prüfen, dass nach der Formel: $n = \frac{c}{l}$, aus der für ein bestimmtes Uebergewicht mittelst einer der Stimmgabeln gefundenen Geschwindigkeit, die Schwingungszahl einer andern Stimmgabel bestimmt wurde.

Die bei einer solchen Prüfung verwendete Gabel trug als Schwingungszahl 160 für ganze Schwingungen in der Secunde angemerkt. Der Abstand der Durchschnittspuncte der von ihr gezeichneten Curve, bei einer mit dem Bleiring II erlangten und mittelst einer andern Stimmgabel ermittelten Geschwindigkeit von 0,7507 Mt. in d. Sec. betrug $4{,}7^{mm}$, woraus sich für diese Stimmgabel eine Schwingungszahl von 159,72 in d. Sec. ergibt.

Eine Uebereinstimmung also, die wohl als zureichend kann angesehen werden.

Harless hat bei seinem Fallapparate die Geschwindigkeit auch durch die Methode der Wägung nach der Formel:

$$v = \sqrt{2\,sg\,\frac{u}{u+p}}$$

zu bestimmen gesucht, wo s die mit beschleunigter Geschwindigkeit zurückgelegte Wegstrecke, g die Beschleunigung beim freien Fall, u das Uebergewicht, endlich p das Gesammtgewicht des mit der Glasplatte belasteten Rollengestells und des Gegengewichtes bedeutet.

Bei Anwendung dieser Methode fand ich nun eine geringere Geschwindigkeit als mittelst der Stimmgabeln. Ich muss jedoch die nach der letzteren Methode unmittelbar erlangten Resultate für verläss-

licher halten, als die durch Gewichtsbestimmungen gewonnenen; weil bei dieser ein wesentliches Moment unberücksichtigt gelassen bleibt, die vollständig nicht zu vermeidende Reibung nämlich, welche das Rollengestell auf seiner längeren Wegstrecke bis zum Zurückbleiben des Uebergewichtes erleidet und welche die Beschleunigung nothwendig beeinträchtigt, ohne dass auch die Gleichförmigkeit der Geschwindigkeit auf der übrigen kürzeren Strecke leiden müsste, wenn nur für diese Strecke das Rollengestell möglichst genau eingestellt war.

Aus diesem Grunde habe ich die Methode der Wägung nicht weiter in Gebrauch gezogen.

II. Die Schreibvorrichtung.

Die Schreibvorrichtung ist sammt dem Muskelhalter an einem horizontalen, vom Gerüste in gewöhnlicher Tischhöhe ausgehenden, in seinen einzelnen Theilen stellbar zusammengefügten eisernen Rahmen so angebracht, dass beide Apparate zugleich in horizontaler Ebene sowohl parallel der Schreibfläche, als auch senkrecht auf letzterer verschoben werden können.

Dieser Rahmen besteht aus drei Theilen, von welchen die zwei seitlichen, von cylindrischen Stangen gebildeten, (J_1 J_1 Fig. 1, 2 und 3) mit dem einen Ende am Gerüste befestigt sind, mit dem andern aber sind sie mittelst Kreuzköpfen (*w w* Fig. 1, 2 und 3) mit dem mittleren Stücke verbunden, das mit abgerundeten Enden (*x x* Fig. 1 und 3) in jenen Kreuzköpfen um eine horizontale Axe drehbar und mittelst Stellschrauben fixirbar ist. Der mittlere Abschnitt dieses ebenfalls eisernen Mittelstückes, der den nach der Gerüstseite offenen Rahmen nach der vom Gerüste abgewendeten Seite abschliesst, bildet ein 9 Cm. langes, dreiseitiges Prisma — (*T* Fig. 1 und 3) mit einer nach aufwärts gekehrten Fläche. Auf letzterem lässt sich das messingene Hohlprisma (*U* Fig. 1 und 3) horizontal verschieben und mit der Stellschraube *y* (Fig. 1 und 3) feststellen. Dasselbe ist selbst kreuzkopfartig mit einem zweiten darüber befindlichen, stellbaren Hohlprisma (U_1 Fig. 1 und 3) unter einem rechten Winkel verbunden, welches als Führung dient für ein zweites, mit der einen Fläche nach abwärts gestelltes Stahlprisma (*V* Fig. 1, 2 und 3), das mittelst der Mikrometerschraube (*W* Fig. 1, 2 und 3) in senkrechter Richtung auf die Schreibfläche vor und zurück schiebbar ist.

An dem der Schreibfläche zugekehrten Ende dieses Prismas ist eine Tragstange (z Fig. 3) in horizontaler Lage befestigt, an der zunächst dem einen Ende die Tragsäule des Muskelhalters (W_1 Fig. 2 und 3), zunächst dem andern Ende eine kleine Rollenvorrichtung (a_1 Fig. 1, 2 und 3) aufgestellt ist, zwischen beiden in der Mitte aber ist ein Gabelstück angebracht, zwischen dessen Zinken um eine verticale Axe drehbar und mittelst zweier, seitlich an der Tragstange befindlicher Gegenschrauben (b_1 Fig. 3) stellbar, ein nach der Seite der Schreibfläche offener Messingrahmen (c_1 Fig. 3) eingeschaltet ist, der einen zweiten, geschlossenen, viereckigen Rahmen (d_1 Fig. 3) so umfasst, dass letzterer darin um eine horizontale, der Schreibfläche parallele Axe zwischen Spitzen gedreht und mittelst Gegenschrauben (von welchen in Fig. 2 und 3 nur eine bei c_1 sichtbar ist) genau eingestellt werden kann. Der innere Rahmen bildet das Lager für die in Spitzen drehbare Axe, an welcher der Schreibhebel (X Fig. 1, 2 und 3) und eine mit Schnurlauf versehene, gefensterte Rolle (Y_1 Fig. 1, 2 und 3) befestigt ist. Die Hohlkehle dieser Rolle ist zur Aufnahme des möglichst unausdehnbaren Fadens (α_1 Fig. 1, 2 und 3) bestimmt, der mit seinem oberen Ende in das vom Muskel herabhängende Stäbchen (β_1 Fig. 1, 2 und 3) eingehängt, sich kurz unterhalb dieser Stelle an die Hohlkehle der Rolle anlegt und einen Quadranten ihrer Peripherie umfassend, von dem während der Muskelruhe am tiefsten stehenden Puncte aus, wo derselbe mittelst einer an der Rolle befindlichen Klemme festgehalten wird, horizontal weiter zur kleinen Rolle bei a_1 (Fig. 1, 2 und 3) an der Tragstange verlaufend, an seinem unteren Ende die Schale für die Belastungsgewichte (Z Fig. 1, 2 und 3) trägt.

Der Schreibhebel wird unterhalb seiner Axe von einem runden Stab gebildet, auf welchem, wenn nöthig, zur Aequilibrirung des oberen Hebelarmes ein Laufgewicht (f_1 Fig. 1, 2 und 3) verschiebbar ist; den Arm oberhalb der Axe aber bildet eine gefensterte Platte, in deren nahe ihrem oberen Ende 45^{mm} von der Axe entfernt befindlichen Bohrung der zugespitzte stählerne Schreibstift (g_1 Fig. 1, 2 und 3) sich befindet, welcher von einer, auf den aus der Bohröffnung herausragenden Kopf des Stiftes schwach andrückenden Feder (h_1 Fig. 2 und 3) möglichst vorgeschoben gehalten wird, so dass, wenn der Schreibapparat mittelst des oberen Prismas an die Schreibfläche gehörig vorgeschoben ist, die mit der Schreibfläche in Berührung stehende

Spitze sich stets den kleinen Unebenheiten, von welchenletztere, sowie überhaupt eine Spiegelglasplatte bei der hier verwendbaren Dicke von circa 3—4^{mm} nicht gänzlich befreit ist, anbequemen kann, ohne hierbei den Gang derselben zu stören; und ebenso kann der Schreibstift durch die heranrollende Glasplatte leicht etwas zurückgeschoben werden, ohne dass derselbe an einem der abgeschrägten Endränder dieser Platte einen Stoss erleiden müsste.

Ist die Drehungsaxe des Schreibhebels, vermöge der nach zwei zu einander senkrechten Axen stellbaren Rahmen, genau senkrecht auf die Schreibfläche eingerichtet, so dreht sich auch die Schreibspitze genau in der Ebene der Schreibfläche.

Da die Bewegung des zuckenden Muskels durch Vermittelung der Rolle auf den mit ihr auf gemeinschaftlicher Axe befindlichen Schreibhebel derart übertragen wird, dass der mit Einschaltung eines Zwischenstäbchens vom Muskel ausgehende Faden sich in entsprechender Länge von der Rollenperipherie abrollt und letztere um eine gleiche Bogenlänge um ihre Axe dreht, welcher entsprechend auch der auf derselben Axe befindliche Schreibhebel eine Drehung von gleichem Bogenwinkel ausführt, so kann auch, bei bekannten Radiuslängen des Schreibhebels (45^{mm}) und der Rolle (25^{mm}), aus der, an irgend einem Puncte der vom Schreibhebel beschriebenen Curve, gefundenen Ordinatenhöhe die diesem Puncte entsprechende wahre Hubhöhe im Verlauf der Muskelzuckung nach der Formel:

$$H = r. \text{ arc. sin } \left(\frac{D}{R}\right)$$

berechnet werden, in welcher R die Radiuslänge des Schreibhebels, r diejenige der Rolle, D die Ordinatenhöhe bedeutet, wobei der Bogen des sin $\left(\frac{D}{R}\right)$ nicht in Graden, sondern nach Längenmaass in Theilen des Radius auszudrücken ist.

Soll das Resultat vollkommen genau sein, so muss der Zeichenstift bei jeder Zuckung genau vom Nullpuncte der auf den Hebelradius bezogenen Peripherie ausgehen, welcher Punct natürlich nur dann in der Abscissenlinie liegt, wenn zugleich auch Drehaxe und Schreibspitze des Zeichenhebels in eben diese Linie fallen. Zu diesem Zwecke ist an dem Rahmen, welcher als Lager für die Axe des Schreibhebels dient, ein Winkelstück — (i_1 Fig. 2 und 3) — befestigt,

das ober- und unterhalb der Rahmenebene von je einer seitlich vom Hebel horizontal gegen die eine Seite desselben vordringenden Stützschraube (k_1 Fig. 2 und 3) durchbohrt ist. Durch die richtig eingestellte untere dieser Schrauben kann der Hebel in einer verticalen Lage unterstützt werden, so dass die Drehung desselben stets von dieser Lage aus beginnt. Hiedurch ist auch noch die Einrichtung für eine Ueberlastung des Muskels während seiner Contraction geboten. Ebenso kann nöthigenfalls durch Vorschieben auch der oberen Stützschraube bis an den Hebel dieser vollständig arretirt werden.

Endlich kann auch, mit Berücksichtigung der Radiuslänge des Schreibhebelarmes, der wahre Zeitmoment einer beliebigen Ordinate im Verlaufe der Zuckungscurve aus der gemessenen, zu jener Ordinate gehörigen Abscisse genau berechnet werden, wobei jedoch eine Correctur desshalb nothwendig wird, weil der im Bogen sich bewegende Schreibstift sich zugleich in entgegengesetzter Richtung als die Schreibfläche bewegt, so lange der Drehungswinkel zunimmt; dagegen mit ihr in gleicher Richtung vorschreitet, wenn der Drehungswinkel wieder abnimmt; und zwar in beiden Fällen entsprechend dem jedesmaligen Sinusversus des vom Zeichenhebel beschriebenen Bogens. Es muss also bei steigenden Ordinaten dieser Sinusversus von der zugehörigen Abscissenlänge abgezogen, bei fallenden Ordinaten aber derselben hinzugerechnet werden. Dieser Werth z lässt sich am einfachsten nach der Formel:

$$z = R\,(1 - \cos \varphi)$$

aus dem Winkel φ, welchen der Hebel beschreibt, und aus der Radiuslänge R dieses letzteren bestimmen. Der Winkel φ aber ist aus $\frac{D}{R} = \sin \varphi$, wo D die Ordinatenhöhe bedeutet, bekannt.

III. Der Muskelhalter.

Die mittelst eingeschalteter Kreuzköpfe und einer kurzen Zwischenstange an der gemeinschaftlichen Tragstange — (z Fig. 3) — der Schreibvorrichtung befestigte, verticale, 9.5 Cm. lange Tragsäule — (W_1 Fig. 2 und 3) — des Muskelhalters ist mit dem oberen Ende in ein Würfelstück — (A_1 Fig. 1, 2 und 3) — eingeschraubt, auf welchem die den Boden der Feuchtkammer bildende, 13 Cm. lange, 7.6 Cm. breite Hartkautschukplatte — (B_1 Fig. 1, 2 und 3) — befestigt ist, auf welche ein aus Glasplatten zusammengefügter, parallelepipedischer

Deckel — (C_1 Fig. 1 und 2) — von entsprechendem Querschnitt und 14 Cm. Höhe aufgestützt wird. In entsprechenden Ausschnitten dieser Bodenplatte und des darunter befindlichen Messingwürfels kann mittelst einer Micrometerschraube — (D_1 Fig. 1 und 3) — ein Messingprisma — (E_1 Fig. 1, 2 und 3) — von 6.5 Cm. Länge in verticaler Richtung auf und ab geschoben werden, das sich nach oben in die 10 Cm. lange Säule — (F_1 Fig. 1, 2 und 3) — fortsetzt, auf welcher die den Muskel haltenden Klemmen befestigt werden.

Vermöge der Verschiebbarkeit dieser Säule ist es einmal möglich, dem an ihr herabhängenden Muskel eine solche Stellung zu geben, dass der von ihm mit Einschaltung eines Zwischenstäbchens zur Rolle des Zeichenapparates geleitete Faden gehörig angespannt wird, ohne dabei noch den Zeichenhebel aus seiner verticalen Ruhelage abzulenken; und ausserdem kann an der in Millimeter eingetheilten Scala dieser Säule und in weiterer Fortsetzung der einen Prismafläche auch die Muskellänge bei beliebiger Anspannung gemessen werden. Zu diesem Behufe muss der dem Aufhängepunct des Muskels entsprechende Scalenpunct und ausserdem die Correlation eines zweiten fixen Punctes zum Nullpuncte des auf der Bodenplatte vertical aufgestellten Nonius — (l_1 Fig. 3) — bekannt sein, neben welchem die Scala mit Hilfe der erwähnten Micrometerschraube — (D_1. Fig. 3) — so weit verschoben wird, bis die Marke des in das untere, mit seinem Knochenansatz versehene Muskelende eingehängten Stäbchens — (β_1 Fig. 3) — in dessen durch eine Oeffnung in der Bodenplatte der Feuchtkammer herausragendes Ende der zur Rolle des Zeichenapparates verlaufende Faden eingehängt ist — genau auf das Niveau jenes fixen Punctes einsteht. Dieser fixe Punct aber wird durch die Spitze einer Nadel — (γ Fig. 3) — gebildet, die horizontal am oberen Ende eines verticalen Stiftes — (δ_1 Fig. 3) — befestigt ist, der in einer in der Bodenplatte vorhandenen Führung von aussen her gedreht und mittelst einer Schraubenmutter in bestimmter Höhe eingestellt werden kann. Das in den Muskel eingehängte leichte Drahtstäbchen trägt unterhalb seines oberen hakenförmigen Endes ein Glimmerplättchen — (ε_1 Fig. 3), durch welches es verhindert wird, im nicht eingehängten Zustande durch die Oeffnung in der Bodenplatte der Feuchtkammer herauszufallen; unterhalb dieses Plättchens aber ist es von einem kurzen Cylinder aus Elfenbein — (η Fig. 3) — umgeben, um welchen ringsherum eine horizontale, schwarz eingelassene Linie verläuft, die als

die oben erwähnte Marke dient und deren Entfernung von dem hakenförmigen Ende des Stäbchens bei der Ausmessung der Muskellänge ebenfalls bekannt sein muss.

Die zur Befestigung des Muskels dienenden Klemmen, sowie die stromzuführenden Electroden sind zweierlei Art.

Bei neurologischen Untersuchungen, wenn die Zuckungen vom Nerven ausgelöst werden, kann der mit dem Muskel — (Gastrocnemius) — in natürlicher Verbindung gelassene Oberschenkelknochen in einer Zangenklemme befestigt werden, welche mittelst Stellring in passender Höhe auf der Säule festzustellen ist.

Ein zweiter auf der Säule verschiebbarer Stellring ist mit Stäbchen versehen, auf welche entweder die auf Winkelstücken von Hartkautschuk aufgespannten Platindraht-Electroden oder die ebenfalls aus Hartkautschuk gefertigten Träger der unpolarisirbaren Electroden aufgeschoben werden. Als solche dienen nach Bedarf zwei oder vier kurze, unter einem rechten Winkel gebogene Glasröhrchen, deren horizontaler Ast an seiner Mündung mit einem zusammengerollten Papiercylinder verschlossen ist, während in dem etwas kürzeren verticalen Ast ein amalgamirter Zinkdraht in die Zinklösung der Röhre eintaucht. Beide Arten von Etectroden sind zur Verbindung mit den Leitungsdrähten mit Klemmschrauben versehen.

Wenn aber bei myologischen Untersuchungen die Zuckung direct vom Muskel aus soll ausgelöst werden, so kommen zwei andere ebenfalls mit auf der Säule verschiebbaren Stellringen versehene Klemmen zur Anwendung.

Die eine der aus Elfenbein gebildeten Backen der oberen Klemme — (m_1 Fig. 3) — ist mittest der Schraubenmutter — (o_1 Fig. 1 und 3) — an dem vom Stellring — (G_1 Fig. 1 und 3) — ausgehenden Arm fixirt, an ihrer schmalen, nach vorne gekehrten verticalen Seite, deren mittlerer 12^{mm} langer, an den Kanten abgeschrägter Abschnitt eine Höhe von nur 4^{mm} hat, sind parallel übereinander in einer Entfernung von 2^{mm} zwei Platindraht-Electroden ausgespannt, deren zugehörige Klemmschrauben — (p_1 p_1 Fig. 2 und 3) — an der Rückseite des Plättchens sich befinden. Das die zweite Backe bildende Plättchen — (n_1 Fig. 3) — ist auf seiner, dem ersten Plättchen zugekehrten Seite ebenfalls mit einem als Electrode dienenden Platindraht und einer zugehörigen Klemmschraube — (q_1 Fig. 3). — versehen und kann mittelst zweier Stellschrauben — (r_1 Fig. 3), für

welche es an beiden Enden passende Ausschnitte hat, an die andere Backe augedrückt werden. Zwischen beiden Backen kann so das mit dem natürlichen Knochenansatz versehene obere Muskelende festgeklemmt und je nach der Benützung der an derselben oder der an den getrennten Backen befindlichen Electroden entweder in der Längenrichtung oder aber quer durchströmt werden.

Die untere, am Stellringe G_2 Fig. 3 angebrachte Klemme, mittelst welcher der Muskel noch an einer zweiten Stelle eingeklemmt werden kann, besitzt ebenfalls aus Elfenbein gefertigte und mit Platindraht-Electroden und Klemmschrauben versehene Backen (m_2 und n_2 Fig. 3). Diese sind an zwei sich kreuzenden, doppelgliedrigen Armen ($s_1 s_1$ Fig. 3) angebracht, die an den Kreuzungsstellen sich um horizontale Axen drehen, deren obere an dem vom Stellringe ausgehenden Arm fixirt ist, während die untere mit dem unteren Ende eines Stiftchens (t_1, Fig. 3) verbunden ist, das in der am Ende des Stellringarmes angebrachten senkrechten Bohrung auf uns ab beweglich, mittelst eines Hakens (u_1 Fig. 3), dessen Stiel (w_1 Fig. 3) durch die Bodenplatte der Feuchtkammer dringt, von aussen kann herabgezogen und mit der Klemmschraube x_1 Fig. 3 fixirt werden, wobei dann die Klemme selbst fest geschlossen ist; wird aber das Stiftchen dem Gegendruck der um dasselbe sich windenden Spiralfeder überlassen und durch letztere hinaufgedrückt, so öffnet sich die Klemme und lässt den zwischen ihren Backen herabhängenden Muskel frei.

Längs des einen kürzeren Randes der Bodenplatte sind sechs Doppelklemmschrauben ($\varphi_1 \varphi_1$ .. Fig. 1 und 3) für die innerhalb und ausserhalb der Feuchtkammer befindlichen Leitungsdrähte aufgestellt.

Endlich sei hier noch einer an der Tragstange bei a_1 Fig. 1, 2 und 3 angebrachten Vorrichtung erwähnt, mittelst welcher ein Strom gerade in dem Momente kann unterbrochen und dadurch ein zweiter Reiz ausgelöst werden, in welchem der auf dem Höhepunct seiner Contraction angelangte Muskel im Begriffe steht, sich wieder zu verlängern. Dies wird durch einen kleinen Hebelarm bewerkstelligt, der mit dem einen aufgeschlitzten Ende die Axe der kleinen Rolle umfasst, über welche hinweg der vom Muskel kommende und an der Rolle des Schreibapparates vorbeigeführte Faden unmittelbar zur Belastungsschale verläuft. Vermöge sehr geringer, regulirbarer Reibung kann sich jener Hebelarm mit der Rolle mitbewegen, er kann aber die Bewegung der letzteren auch dann noch gestatten, wenn seine

eigene gehemmt ist. Diese Hemmung bewirkt ein am freien Ende jenes Hebels isolirt befestigter Platinstift, der zwei Contactschrauben so lange überbrückt, als sich die Rolle bei zunehmender Muskelcontraction nach der Seite dieser Contactschrauben hin dreht; so wie aber jene Contraction nachlässt und die Rolle nach der entgegengesetzten Richtung abzuweichen beginnt, erhebt sich mit ihr auch der Hebelarm und unterbricht den Contact. Hierbei muss natürlich anderweitig die Vorkehrung getroffen sein, dass der bei wieder zunehmender Contraction durch den erneuerten Contact gegebene Reiz vom Muskel abgelenkt werde.

Der Messrahmen.

Behufs der Messung der auf der berusten Fläche der Glasplatten erhaltenen Zuckungscurven werden diese Platten in einem Messrahmen befestigt. Dieser ober einem 46 Cm. langen, 21 Cm. breiten Fussbrette auf einer 10 Cm. hohen Säule befestigte Rahmen besteht aus einer 32 Cmt. langen Messingschiene, von der nahe ihren beiden Enden verschiebbare Seitenarme unter einem rechten Winkel abgehen und in passender Lage fixirt werden. Jeder derselben 10 Cm. lang, ist zunächst der Schiene mit einem viereckigen Ausschnitte für die zu erwähnende Maassschiene versehen, von wo an er sich dann gabelförmig in zwei übereinander liegende Aeste spaltet, zwischen welchen die eingeschobene Glasplatte, indem sie gegen die ihrer oberen Seite zugekehrte und mit stärkerem Papier belegte Fläche des oberen Gabelastes mittelst Stellschrauben, welche vom unteren Gabelaste her Schutzplatten gegen die untere Seite der Glasplatte vorschieben, fest angedrückt wird, eine gesicherte Lage erhält. Auf der in den Ausschnitten der seitlichen Rahmenarme befestigten, mit einer nach Millimeter eingetheilten Maassschiene ist ein Nonius verschiebbar, von dem rechtwinklig ein ebenfalls mit einer Theilung versehener Arm ausläuft und ohne die Glasplatte zu berühren über ihr mit dem Nonius verschoben werden kann. Bei der Einstellung der Glasplatte in den Rahmen muss darauf geachtet werden, dass die Abscissenlinie der auf ihr gezeichneten Zuckungscurve genau der Maassschiene parallel stehe, was mittelst der Scala des verschiebbaren Armes leicht zu erkennen ist. Bei genauer Einstellung des mit der Theilung versehenen Randes dieses Armes auf einen bestimmten Punct der Curve kann dann die Abcissenlänge dieses Punctes an dem Stande des Nonius auf der

Maassschiene bis auf 0.1^{mm}, die Ordinatenhöhe aber an der Theilung des Seitenarmes abgelesen werden, und zwar letztere unter Anwendung einer schwachen Vergrösserung und eines Ocular-Mikrometers leicht auch bis auf 0.01^{mm}. Hiebei ist es sehr vortheilhaft, unterhalb der Glasplatte einen Beleuchtungsspiegel aufzustellen.

Die Vortheile, welche diese Methode der Messung in Hinsicht auf Genauigkeit und Leichtigkeit der Ausführung gewährt, dürften wohl von selbst einleuchtend sein; nichts hindert aber ausserdem, dass dieselbe Glassplatte vor oder nach der Messung noch als Matrize benützt werde, um die Zeichnung photographisch auf Papier zu übertragen.

Ueber einen Regulator für electrische Ströme.

Von

Mascart.

(D'Almeida Journal de Physique. Aout 1873.)

(Hiezu Tafel XXVI Figur 2.)

Es kann für wissenschaftliche Untersuchungen und selbst für gewisse industrielle Anwendungen nützlich sein, einen electrischen Strom von constanter Intensität zu erhalten trotz der Widerstände und electromotorischen Kräfte, die man in seinen Schliessungsbogen wird einführen können. Es ist dies ein Problem, das mehrfach auf mehr oder weniger genügende Weise gelöst worden ist; ich will unter Anderen nur den Regulator von Kohlrausch[1]) und den Voltastat von Guthrie[2]) citiren. Das registrirende Metallbarometer von Rédier hat mich auf die Idee einer neuen Lösung geführt, welche mir jede für die Praxis erforderliche Präcision zu bieten scheint.

Der Haupttheil des Apparates ist ein Mechanismus, der dem Barometer von Rédier entlehnt ist. Zwei von einander unabhängige identische und im entgegengesetzten Sinne wirkende Uhrwerke sind in der Büchse H (Figur 2 Tafel XXVI) angebracht und laufen beide in ein kleines Flügelrad aus. Eine Tförmige Metallstange, die zwischen den Flügelrädern beweglich ist, kann das eine oder andere oder auch beide Räderwerke zugleich arretiren, genau so wie dies bei dem electrischen Lichtregulator von Foucault der Fall ist. Beide Uhrwerke führen getrennt von einander zwei Zahnräder, die durch ein Satellitenrad mit einander in Verbindung stehen. Geht eines dieser Uhrwerke allein, so führt es den Satelliten in einer gewissen Richtung mit sich fort, indem es ihn auf dem fest gebliebenen Rade in Drehung versetzt;

1) Repertorium Bd. III p. 420.

2) Annales de Chimie et de Physique, 4 série T. XV p. 484.

geht das andere Uhrwerk, so wird er in der entgegengesetzten Richtung mit fortgeführt. Die Achse, welche den Satelliten trägt, kann sich also nach zwei verschiedenen Richtungen drehen und mittelst eines Systems von Rollen R, R', von Schnüren und eines Gegengewichtes Q einen kleinen Schlitten, der auf zwei eisernen Linalen gleitet, hin und her führen.

Die Verstellung des T-Stückes, das die Flügelräder loslässt, wird durch den electrischen Strom regulirt. Man kann zu diesem Behufe zu einem der zahlreichen Electromagnetsysteme, wie sie in der Telegraphie gebraucht werden, seine Zuflucht nehmen; allein diese Electromagnete haben im Allgemeinen eine zu rasche Wirkung und man kann nicht die Wirkung der Abrichtfedern bestimmen, wenn man eine constante Kraft trotz der Aenderungen in der Distanz der beweglichen Stücke erhalten will. Die electromagnetische Wage von Becquerel eignet sich weit besser für den vorliegenden Fall. An dem einen Ende eines Wagbalkens hängt man eine Wagschale P auf und bringt daselbst das T-Stück des Echappements an; das andere Ende trägt entweder einen Magnet F oder ein Stück weichen Eisens, das zum Theil in eine hohle Drahtrolle hineinreicht, welche vom electrischen Strome durchflossen wird. Ist der Apparat für eine bestimmte Stromstärke mit Hilfe von Gewichtsstücken, die in die Wagschale P gelegt werden, regulirt, so steht der Wagbalken horizontal und das T-Stück arretirt die beiden Fügelräder. Nimmt durch irgend eine Ursache die Intensität zu, so neigt sich der Electromagnet auf der Seite, wo der Magnet sich befindet, das T-Stück wird gehoben und lässt das untere Uhrwerk los, welches vermittelst des Satellitenrades den Schlitten nach der einen Richtung, z. B. nach rechts fortzieht. Der Schlitten führt in den Schliessungskreis des Stromes einen zunehmenden Widerstand ein, welcher allmählig die Intensität auf ihren ursprünglichen Werth zurückführt; in diesem Momente ist das Gleichgewicht wieder hergestellt, der Wagbalken steht wieder horizontal und alles ist arretirt. Wird dagegen der Strom schwächer, so senkt sich das T-Stück, das obere Uhrwerk geht allein, der Schlitten bewegt sich nach links und nimmt Widerstände weg, welche sich im Stromlaufe befanden, bis die Intensität wieder ihren ursprünglichen Werth erreicht hat.

Was die Widerstände betrifft, welche durch die Bewegung des Schlittens eingeschaltet oder entfernt werden sollen, so können dieselben unter verschiedenen Umständen der Natur und der Stärke der

Ströme angepasst werden, welche man reguliren will. Ich habe z. B. eine Säule von leicht angesäuertem Wasser angewendet, die sich in einem rechteckigen Porcellantroge befand. Der Strom, der von der Rolle kommt, tritt in die Flüssigkeit durch eine Platinlamelle L, welche der Schlitten führt, und tritt aus der Flüssigkeit durch eine zweite Platinlamelle L' aus, um zur Batterie zurückzugehen; die Annäherung oder Entfernung der Lamellen vermindert oder vermehrt den Widerstand. Wollte man den unnützen Electricitätsaufwand vermeiden, den die Zersetzung des Wassers zur Folge hat, und metallische Widerstände verwenden, so wäre dies sehr leicht auszuführen, indem man mit dem Schlitten Contacte mit Drähten oder verschiedenen Widerstandsrollen in Verbindung bringt.

Ich will noch einige Erläuterungen in Bezug auf die Wage beifügen. Man kann befürchten, es möchte der von den Flügelrädern auf das T-Stück ausgeübte Druck oder die Stösse, welche das T-Stück von Zeit zu Zeit beim Anschlagen an die Flügel erfährt, der Empfindlichkeit der Wage schaden und die Herstellung des Gleichgewichtes verhindern. Dem ist in der That nicht so. Bei dem von mir benützten Apparate gehörte der Wagbalken zu einer kleinen gewöhnlichen Goldwage und ein Gewichtsüberschuss von weniger als 1 Centigramm reichte hin, um das eine oder andere der beiden Flügelräder zu arretiren oder loszulassen.

Man hat auch gesagt und diese Ansicht findet sich in mehreren physikalischen Werken, dass die electromagnetische Wage durch Anziehung zu einem instabilen Gleichgewichte Veranlassung gibt. Dies ist im Allgemeinen für eine beliebige Lage des angezogenen Stabes richtig, allein es ist leicht, den Fall herzustellen, wo ein stabiles Gleichgewicht statt hat. Es ist klar, dass die Anziehung Null wird, wenn die Mitte des Stabes mit der Mitte der Drahtspirale zusammenfällt; die Anziehung wird gleichfalls Null oder doch sehr schwach, wenn der Stab sehr weit entfernt ist, und zwischen diesen beiden äussersten Lagen gibt es eine, für welche die Anziehung ein Maximum sein wird. In der Nähe dieses Maximums ist die Wirkung merklich constant und wenn man durch Tatonnement den Stab in die Rolle einführt, bis die Wirkung ein Maximum wird, so wird sich der Apparat in einer stabilen Gleichgewichtslage befinden. Es ist übrigens gut, einen etwas längeren Stab anzuwenden, damit die Veränderungen der Anziehungskraft in der Nähe des Maximums sehr schwach werden.

Die Wahl des angezogenen Stabes ist keineswegs ohne Belang. Ist der Strom schwach, so wird es besser sein, einen Magnet anzuwenden, um die Anziehung zu vermehren; ist der Strom stärker, so wird man weiches Eisen nehmen. Die Wirkung ist dann nahe proportional dem Quadrate der Stromintensität, und die Empfindlichkeit ist am grössten. Bei dem von mir benützten Apparate erzeugte ein Strom von 8 Daniell'schen Elementen in einem weichen Eisenstabe eine Anziehung von etwa 1 Gramm und der Wagbalken neigte sich hinreichend, um das eine der Uhrwerke in Gang zu setzen, wenn man die Belastung um 1 Centigramm veränderte. Der Strom wurde dann bis auf 1/200 seiner Stärke etwa regulirt. Man könnte übrigens durch eine geeignete Wahl der Drahtrolle die Wirkung erhöhen, um sehr schwache Ströme reguliren zu können. Bei sehr starken Strömen wäre es ohne Zweifel vortheilhaft, durch die Rolle nur einen Zweigstrom gehen zu lassen, während man den Schlitten auf den Hauptstrom wirken lassen würde.

Kleinere Mittheilungen.

Erläuterungen zu dem Band IX pag. 127 beschriebenen Nivellir-Instrument von A. & R. Hahn in Cassel.

(Hiezu Tafel XXII.)

Im Repertorium wird Band IX Heft 2 pag. 127 ein vereinfachtes Nivellir-Instrument von A. & R. Hahn in Cassel beschrieben und die Unterschiede aufgezählt, die dasselbe vor denen ähnlicher Constructionen hat, dabei Dinglers Journal Band 165 S. 401 etc. angeführt, wo von einem neuen Nivellir-Instrument aus dem Institute von Amsler-Laffon in Schaffhausen die Rede ist. In Bezug auf diesen letzteren Artikel wurde aber im Bande 165 S. 401 etc. desselben Journals eine Vergleichung des Amslerschen mit einem schon im Jahre 1845 gebaueten Instrumente aus dem math.-mech. Institute von F. W. Breithaupt schon angestellt, auch in dem 5. Hefte des „Magazins der neuesten mathematischen Instrumente des genannten Institutes" dasselbe als Compensations-Niveau (siehe Abbildung Tafel XXII) aufgenommen. Auch vergleiche „Hunäus, die geometrischen Instrumente etc. Hannover 1864."

Es kann nicht angenommen werden, dass den Herren Hahn diese Abhandlungen, noch weniger aber die Instrumente selbst, unbekannt gewesen, da sie früher in dem Breithaupt'schen Institute an der Bearbeitung eben solcher mitgeholfen, deren Construction sie jetzt als ihnen eigenthümliche in Anspruch nehmen, während sie doch nur eine durchaus misslungene Nachahmung der Breithaupt'schen ist. Indem mittelbar hierbei auch der Unterzeichnete betheiligt ist, da derselbe das genannte 5. Heft des Magazins bearbeitet hat, so dürfte eine Entgegnung desselben wohl hier gerechtfertigt sein.

Besprechen wir also unmittelbar die angeführten s. g. Unterschiede des Hahn'schen Instrumentes vor anderen ähnlicher Construction.

ad 1. Ein Umlegen des Fernrohres ist bei dem Compensations-Niveau nicht nöthig, ist jedoch vom Breithaupt'schen Institut auf Verlangen schon mehrfach, jedoch in zweckmässigerer Weise, ausgeführt worden, auch die Federgehäuse auf den Pfannendeckeln (Ueberfällen), die hier besser als die von Hahn angewendeten Schliesser sind, wurden schon seit dem Jahre 1830 eingeführt. Von Elfenbeinplättchen, die früher angebracht wurden, ist man jedoch schon längere Zeit wieder abgekommen, da sie der Veränderlichkeit zu sehr ausgesetzt sind.

ad 2. Die Corrections-Vorrichtung der Körner der Libelle ist vollständig dem Breithaupt'schen Instrument in Dinglers Journal und dem genannten 5. Hefte entnommen.

ad 3. Die Corrections-Vorrichtung der Libelle innerhalb der Messinghülse ist vollständig unbrauchbar, indem durch Verstellung des einen Hülsen- (Stöpsel-) Verschlusses die Axen der beiden Körner für die Spitzenbewegung aus ihrer coincidirenden Lage gebracht, und da diese Verschiebung nach Umständen sehr beträchtlich sein kann, eine nachtheilige windschiefe Spannung auf die Libelle geübt wird. Die Corrections-Vorrichtung der Libelle mittelst Schrauben, selbst direct auf den Glascylinder, und gegenwirkender Feder ist jener Construction unbedingt vorzuziehen, obgleich nicht geläugnet werden soll, dass auch diese Einrichtung eine Verbesserung zu wünschen übrig lässt. Diese schwache Stelle wird jedoch nach einem von mir gemachten Vorschlag vollständig gehoben werden können, worüber s. Z. im Repertorium noch berichtet werden soll. Da diese Correction 3, welche der Nr. 2 immer vorhergehen muss, die wichtigste und eine unerlässliche ist, so muss darauf das grösste Gewicht gelegt werden. Auch die Hahn'sche Einrichtung des Anschlags beim Drehen des Fernrohres um seine Axe ist keine Verbesserung; sie lässt keine Correction zu, während ein Anschlag an Schrauben allen Anforderungen genügt.

Berlin, 18. August 1878.

Dr. Börsch,
Sections-Chef im kgl. geodätischen Institut.



Ein Klangzerleg-Apparat zur schematischen Darstellung der Klang-Analyse durch das Gehör.

Von A. E. Jendrássik, Professor an der k. Universität zu Budapest.

(Hiezu Tafel XXVI Fig. 3.)

Durch zwei mit den Schalltrichtern *T*, *T* versehene Röhren *R*, welche in ein gemeinschaftliches Rohr einmünden, können die von einzeln oder zusammen ertönenden Orgelpfeifen ausgehenden Schallwellen zu der Trommelmembran *M* geleitet werden, welche auf einem über einem zweiten verschiebbaren und mittelst Stellschrauben *St* fixirbaren Messingring — *Rg* — aufgespannt ist. Theils durch diese Verschiebung, wobei der Rand des inneren Ringes an die Membran angedrückt wird, theils vermittelst eines Hebels *H*, dessen Ende auf eine beliebige Stelle der Membranfläche aufgedrückt werden kann, kann letztere so gespannt werden, dass sie mit Tönen, die innerhalb des Intervalls einer — z. B. der eingestrichenen — Octave liegen, mitschwingt und mit ihr zugleich ein kleiner Kugelpendel in Bewegung geräth.

Ein von der Mitte der Membran ausgehender Faden *F* ist über eine kleine, mittelst ihrer Tragsäule *S* auf einer Schlittenbahn *B* verschiebbare Rolle *L* geleitet und an seinem Ende mit einer Schale für Gewichte versehen. Derselbe kann theils durch verschiedene Belastung, theils durch die Längenveränderung bei der Verschiebung der Rolle so gestimmt werden, dass er auf einen bestimmten Ton entweder als Ganzes oder in Abtheilungen mitschwingt, sobald jener Ton in dem zur Membran geleiteten Schallwellencomplex mitenthalten ist und sogleich zur Ruhe gelangt, so wie jener bestimmte Ton verstummt. Durch Aenderung der Fadenlänge kann aber derselbe Faden auch für einen andern Ton gestimmt werden, und es können so, während man die Säule der Rolle auf ihrer Bahn verschiebt, nach einander die in dem zusammengesetzten Klang enthaltenen einzelnen Töne mittelst des Fadens herausgelöst werden.

So stellt dieser Apparat einen dem analogen Vorgang her, durch welchen in der Gehörschnecke die bis dahin gelangten Schallwellen von den Grenzmembranen des Ductus cochlearis auf die, innerhalb desselben zwischen den äusseren Enden der Corti'schen Stäbchen

zweiter Reihe und der äusseren Schneckenwand saitenartig ausgespannten Fasergebilde — Radialfasern —, die sich nach neueren Untersuchungen als eine auf der Membrana basilaris aufliegende, jedoch von ihr abgesonderte Schichte erweisen, übertragen werden; wobei je nach der Abstimmung dieser verschieden langen Fasern auch das Mitschwingen der einzelnen, mit dem betreffenden Ton, somit auch die Zerlegung eines zusammengesetzten Tones in die Partialtöne ermöglicht ist. Nur dass diese Zerlegung vermöge der in der Schnecke vorhandenen zahlreichen, verschieden abgestimmten, zur Mitschwingung befähigten Gebilde, gleichzeitig für alle Töne erfolgen kann, während der nur mit einer einzigen Saite versehene Apparat diese Zerlegung innerhalb viel engerer Grenzen und für die einzelnen Theiltöne nur nach einander vollführen kann.

Ausserdem lassen sich auch noch an diesem Apparat alle Versuche zur Demonstration der Gesetze der schwingenden Saiten, der Welleninterferenzen u. s. w. ganz ebenso ausführen, wie mittelst des Melde'schen Stimmgabel-Apparates.

Ueber eine Modification des electrischen Thermometers.

Von Mascart.

(Hiezu Tafel XXVI Fig. 1.)

Die Fig. 1 Taf. XXVI, welche den zu besprechenden Apparat darstellt, erfordert keine weitläufige Beschreibung. Er besteht aus einer Spirale von feinem Platindraht, die zwischen zwei Metallfassungen, welche eine Glasröhre abschliessen, aufgespannt ist. Jede dieser Fassungen trägt einerseits einen mit einer Kugel versehenen Haken für die Entladungen von statischer Electricität, andererseits eine Drahtklemme für das Studium der Strömo. Die obere Fassung trägt ausserdem noch eine Tubulatur, durch welche man mittelst eines Kautschukrohres die Luft im Thermometer mit einem Manometer in Verbindung setzen kann, um die durch die Erwärmung des Drahtes erzeugten Druckänderungen beobachten zu können. Man sieht, dass man ein Riess'sches Thermometer vor sich hat, bei welchem die Luftmasse so viel als möglich vermindert ist, um eine grössere Empfindlichkeit zu erhalten.

Man kann die Druckänderungen und also auch die entwickelten

Wärmemengen, wie dies gewöhnlich geschieht, mittelst eines Manometers mit geeignter Flüssigkeitsäule messen; es ist übrigens auch interessant, den Apparat selbstregistrirend einzurichten. Zu diesem Behufe wird das Thermometer mit einer Hebeltrommel in Verbindung gesetzt, wie sie Marey bei seinen physiologischen Untersuchungen anwendet. Diese Trommel besteht aus einer Kautschukmembran, welche über eine Metallkapsel gespannt ist. Auf der Membran befindet sich eine Metallplatte, welche auf einen Fühlhebel einwirkt. Die kleinen Veränderungen, welche der Membran durch die Druckänderungen ertheilt werden, werden auf den Fühlhebel übertragen, der sie vergrössert und auf einen mit berustem Papier überzogenen Cylinder aufschreibt, der durch ein Uhrwerk in Bewegung gesetzt ist.

(D'Almeida Journal de Physique Sept. 1873.)

Gas-Regulator.

Von Lemoine.

(Hiezu Tafel XXVI Fig. 4.)

Champion, Pellet und Grenier hatten bei ihren Untersuchungen über die quantitative Analyse der Soda eine constante Flamme nöthig; sie entnehmen zu diesem Zwecke der Industrie das Rheometer von Giroud[1]). Wir glauben, dass dieser Apparat in vielen Fällen den Physikern und Chemikern von Nutzen sein kann und lassen deshalb seine Beschreibung folgen.

Der Apparat, dessen äussere Form die eines Cylinders von 4 Centimeter Durchmesser auf 3,8 Centimeter Höhe ist, ist auf Tafel XXVI Fig. 4 im Durchschnitte dargestellt. Das Innere dieses Cylinders ist eine ringförmige cylindrische Höhlung, in die man eine Flüssigkeit giesst. Eine dünne Metallglocke, die mit einem Loche 0 versehen ist, trennt in Verbindung mit der angewendeten Flüssigkeit das Innere des Apparates in zwei Theile: den Raum unter der Glocke und den Raum rings um die Glocke und darüber. Am oberen Ende derselben befindet sich ein kleiner Conus, welcher, wenn die Glocke gehoben wird, ein Diaphragma 0', das an der Decke des Apparates angebracht ist, vollständig schliesst. Da Glycerin erst bei einer Temperatur von —35°

---

1) Traité de la Pression, par H. Giroud. Paris (Gauthier-Villars).

fest wird und unter gewöhnlichen Temperaturen nicht merklich verdunstet, so wird diese Flüssigkeit allgemein angewendet.

Kommt nun das Gas unter die Glocke, so hebt es bei hinreichendem Drucke dieselbe, geht durch 0 nach 0′ und von hier zum Brenner. Das Minimum des zum Functioniren des Apparates nöthigen Druckes, das durch das Gewicht der Glocke bestimmt wird, beträgt 12 bis 14 Millimeter Wasser.

Es bezeichnen

p den Gasdruck unter der Glocke bezogen auf die Flächeneinheit,

p' den Gasdruck über der Glocke wieder bezogen auf die Flächeneinheit,

π das Gewicht der Glocke,

s den Querschnitt der Glocke,

so ist für den Fall, dass die Glocke im Gleichgewichte sich befindet, die Summe der Kräfte, welche von unten nach oben drücken, gleich der Summe der Kräfte, welche von oben nach unten wirken, also

$$ps = p's + \pi$$

woraus

$$p - p' = \frac{\pi}{s} = \text{Const.}$$

Die Druckdifferenz unter der Glocke und über derselben ist constant[1]) und unter dieser constanten Druckdifferenz fliesst das Gas aus der Oeffnung 0 aus. Da nun in einem Puncte 0 des Durchganges des Gases der Ausfluss constant ist, so ist er von der gleichen Grösse in jedem anderen Puncte und es nimmt also die Glocke diejenige Stellung an, bei welcher um den Conus bei 0′ das gleiche Gasvolumen hindurchgeht wie bei 0.

Will man den Gasverbrauch im Apparate veränderlich haben, so bringt man eine Röhre an, welche einen von aussen dirigirbaren Schlüssel oder Hahn trägt. Diese Röhre nimmt das Gas unter der Glocke auf und führt es über dieselbe; wir haben wieder den Druck $p-p'$, allein die Ausflussöffnung, welche mit der Oeffnung des Hahnes veränderlich ist, lässt nach Belieben das Volumen des ausströmenden Gases variiren.

---

1) Dabei ist vernachlässigt

a) die Dicke der Glocke, welche bewirkt, dass der Querschnitt, auf den p wirkt, nicht ganz gleich dem Querschnitte ist, auf welchen p' wirkt.

b) Die Veränderung des Druckes der Flüssigkeit je nach der Stellung der Glocke.

341

Ueber die Lichtenberg'schen Figuren.

(Ein Jahrhundert nach ihrer Entdeckung.)

Von

Moriz Kuhn.

Beinahe hundert Jahre sind verflossen seit der Entdeckung der electrischen Staubfiguren durch den genialen Professor der Physik an der Göttinger Universität Georg Christoph Lichtenberg. Auch heute noch sind die sogenannten Lichtenberg'schen Figuren das einzige Mittel, um schnell und sicher die Verschiedenheit der beiden Electricitätsarten zur Anschauung zu bringen, obgleich man gegenwärtig bereits mehrere Methoden kennt, die Electricität zu zwingen, eine bleibende Spur an gewissen Stellen des von ihr betretenen Weges zu hinterlassen; abgesehen von den Priestley'schen Ringen, deren Entdeckung jener der Lichtenberg'schen Figuren voranging.[1]

An die electrischen Staubfiguren knüpfte sich von Anbeginn die Hoffnung, dieselben werden den Schlüssel abgeben, um das Wesen der Electricität ergründen zu können. Der Entdecker selbst sprach die Ueberzeugung aus, „dass die von ihm aufgefundene Erscheinung für die Physik überhaupt wichtig werden und einen neuen Weg zur genaueren Erforschung der electrischen Materie anbahnen kann."

Wie weit ist man nun seitdem in der Erkenntniss des Wesens der Electricität gelangt? Wohl hat die nachfolgende Generation, sowohl in dieser einen bestimmten Richtung und noch viel mehr auf ganz neuen, zur Zeit Lichtenberg's nicht geahnten Wegen Erfah-

1) Die Priestley'schen Ringe wurden zuerst beschrieben in dem bekannten Werke ihres Entdeckers: History and present state of electricity etc. London 1767. S. 659. — Ausführlicher sind dieselben behandelt in den Philos. Transact. f. 1768 unter dem Titel: Account of rings, consisting of all the prismatic colours, made by electrical explosions on the surface of pieces of metal.

rung auf Erfahrung gehäuft und alle geistige Anstrengung aufgeboten, um die mannigfachsten Erscheinungen einem einheitlichen Systeme einzureihen; man hat in der Electricität eine der Wärme in mehrfacher Beziehung verwandte Kraft erkannt, hat sich dieselbe mit dem grössten Erfolge dienstbar zu machen gewusst, aber ihre Natur kennt man nur mittelbar. Die Vermuthung, dass die Electricität eine eigenthümliche Bewegungserscheinung sei, für welche allerdings eine nahe zur Gewissheit gesteigerte Wahrscheinlichkeit spricht, erhärtet durch die Analogie mit der in dieser Hinsicht schon besser erforschten Wärme und durch eingehendes Studium der electrischen Thatsachen selbst an der Hand der Mathematik, ist Alles, was man bisher erreicht hat. Die Resultate der Speculation über das Wesen der Electricität sind also vorläufig bloss negativ — d. h. eine eigene electrische Materie hat so gut, wie der Wärmestoff heute nur mehr eine historische Bedeutung, und deren Beibehaltung hat lediglich den Zweck, die Vorstellung zu erleichtern.

Nichtsdestoweniger bieten die Staubfiguren und die Untersuchungen, welche im Verlaufe der Zeit darüber angestellt worden sind, an und für sich ein genügendes Interesse, um den Versuch zu rechtfertigen, auf das verstrichene Jahrhundert zurückzublicken und die Ergebnisse der Forschung über diesen Gegenstand zusammenzustellen.

Der von Wilke 1762 erfundene Apparat, welcher aber erst durch Volta 1775 in verbesserter Form unter dem Namen Elettroforo perpetuo (beständiger Electricitätsträger) eingeführt, allgemeines Aufsehen erregte, fand auch an Lichtenberg einen Bewunderer. Letzterer fertigte sich einen derartigen Electrophor an, dessen Harzkuchen mehr als 6 Fuss im Durchmesser hatte, in der Hoffnung, mit Hilfe einer Vorrichtung in solchen Dimensionen neue Erfahrungen zu sammeln und die scheinbare Abweichung beheben zu können, welche die Wirkungen des Electrophors gegenüber jenen der Electrisirmaschine zeigten. Durch diese ungewöhnliche Grösse waren in der That, wenn auch nur mittelbar günstige Bedingungen zur Entdeckung der Staubfiguren geschaffen.

Ueber die Veranlassung der Entdeckung, sowie über die weiteren Untersuchungen erstattete Lichtenberg der königl. Gesellschaft

der Wissenschaften zu Göttingen zwei Berichte (21. Februar und 19. December 1778).[1])

In dem ersten dieser beiden Berichte erzählt derselbe Folgendes: „Die Verfertigung meines grossen Electrophors war gegen das Frühjahr 1777 zu Stande gekommen; in meiner Kammer war noch Alles voll von feinem Harzstaub, der beim Abhobeln und Glätten des Kuchens oder der Basis aufgestiegen war, sich an die Wände und auf die Bücher gelegt hatte, und oft bei entstehender Bewegung der Luft, zu meinem grossen Verdruss auf den Deckel des Electrophors herabfiel. Nun fügte sich's, dass der Deckel, der von der Decke herabging, einmal etwas längere Zeit von der Basis abgehoben war, so dass der Staub auf die Basis selbst fallen konnte, und da geschah es, dass er sich hier nicht, wie vorher auf den Deckel gleichförmig anlegte, sondern an mehreren Stellen, zu meinem grossen Vergnügen, kleine Sternchen bildete, die zwar anfangs matt und schlecht zu erkennen waren, als ich aber den Staub mit Fleiss stärker aufstreute, sehr deutlich und schön wurden, und hie und da erhabener Arbeit glichen. Es zeigten sich bisweilen unzählige kleine Sterne, ganze Milchstrassen und grössere Sonnen; die Bogen waren von der hohlen Seite matt, von der erhabenen aber mit Strahlen geziert; ferner sehr niedliche kleine Aestchen, denen nicht unähnlich, welche die Kälte an den Fensterscheiben erzeugt; kleine Wolken von mannigfaltiger Gestalt und Schattirung: endlich noch mancherlei Figuren von besonderer Gestalt.[2])

An diese Erzählung anknüpfend, bemerkt Lichtenberg, dass die Figuren nach dem Abwischen des Staubes beim wiederholten Bestäuben von Neuem und oft sogar viel schöner wieder auftraten und gibt auch bereits ein einfaches Verfahren an, die Figuren zu fixiren,

---

2) Ge. Chr. Lichtenberg de nova methodo naturam ac motum fluidi electrici investigandi. Commentatio prior. (Novi Commentarii Soc. Reg. Sc. Gotting. Tom. VIII ad a. 1777 pag. 168.) — Super nova methodo motum ac naturam etc. Comment. posterior. (Commentationes Soc. Reg. Sc. Gott. Vol. I. Class. Mathem. T. I. ad a. 1778, p. 65.) — Die beiden Abhandlungen erschienen auch separat abgedruckt: Comment. prior. Gottingae 1778; Comment post. Ibid. 1779.

1) Nach der deutschen Uebersetzung in „Lichtenberg's vermischte Schriften." Wien, 1844. VII. Bd. — Die dem Originale beigegebenen Abbildungen sind viel natürlicher als die der Uebersetzung.

welches darin bestand, dass ein mit klebriger Masse bestrichenes, schwarzes Papierblättchen leise auf die Figuren gedrückt wurde.

Als nächste Ursache des Zustandekommens der Sternchen erkannte Lichtenberg das Ueberspringen von Fünkchen aus dem Deckel auf den Harzkuchen; die Figuren bildeten sich an den von den Funken getroffenen Stellen und diese selbst erwiesen sich als positiv electrisch, woraus auf ein Ueberströmen der Electricität des Deckels auf die Harzfläche geschlossen wird. Auch den Gegenversuch stellte er bereits an; gute Leiter mit ihren Spitzen oder Kanten auf den geriebenen Harzkuchen aufgesetzt, gaben ebenfalls mit Strahlen umgebene Figuren.

So war es ihm möglich geworden, die Figuren beliebig hervorzurufen.

Zu den ferneren Untersuchungen verwendete er kleinere Electrophore, besonders aber eine Vorrichtung, welche er ausführlich beschreibt und „doppelter Electrophor" nennt, die aber in der That ein duplicirender Electrophor ist, eine Influenzmaschine, und zwar sowohl im Principe, als auch in der Wirkung. Lichtenberg war über die Art und Weise der Wirksamkeit dieses Apparates vollkommen im Klaren und benützte denselben ausserdem in sinnreicher Weise dazu, um bestimmte Mengen Electricität für die Erzeugung der Staubfiguren zu erhalten. Diese interessante Vorrichtung ist mehr oder minder in Vergessenheit gerathen, obwohl der Erfinder sie ausdrücklich der Aufmerksamkeit der Physiker empfahl.[1])

Mit Hilfe des erwähnten Electrophors und mittelst metallener Röhren, die nach oben in eine Spitze oder einen Knopf endigten, erzeugte Lichtenberg unter verschiedenen Umständen auf Scheiben von Schellack (Gummilack) Figuren durch Bestäuben mit Hexenmehl oder gepulvertem Harze und gelangte zu folgenden Resultaten.

Der positive Funke erzeugt immer eine strahlige, der negative hingegen eine strahlenlose rundliche Figur. Erstere mag die positive, letztere die negative Figur genannt werden. In beiden Fällen ergibt

1) Riess schreibt die Erfindung eines ähnlichen duplicirenden Electrophors Volta zu. (Die Lehre von der Reibungselectricität. I, Seite 293.) Doch ist die Wirksamkeit der Vorrichtung gegenüber jener Lichtenberg's zu bezweifeln. — Emsmann erwähnt in dem Artikel „Electrophor" des doppelten Electrophors von Lichtenberg, ohne aber der verstärkenden Wirkung desselben zu gedenken. (Emsm. Phys. Wörterb. I, Seite 275). — Besser hat Pfaff diesen Apparat gewürdigt. (Gehl. Phys. Wörterb. III. Bd. S. 783.)

sich ein Unterschied, je nachdem die Röhre leitend oder isolirt abgehoben wird. Beim Abheben mit blosser Hand erscheinen schwarze unbestäubte Stellen, die beim isolirten Abheben nicht vorhanden sind; in der positiven Figur bilden diese concentrische Ringe, von denen die Strahlen ausgehen, in der negativen einen eigenthümlich gestalteten, nach aussen zu laubförmig verästelten Kern.

Wird eine Schellackscheibe an zwei gegenüberliegenden Stellen ihrer beiden Flächen mit der Basis zweier Metallröhren in Berührung gebracht, die eine derselben abgeleitet, die andere aber isolirt und unmittelbar electrisirt, so zeigt die Scheibe nach dem Abheben und Bestäuben auf beiden Seiten Figuren. Die auf der Seite der electrisirten Röhre ist mit der angewandten Electricität gleichnamig, während jene auf der anderen Fläche den entgegengesetzten Character hat. Mehrere Scheiben in ähnlicher Weise mit dazwischen gestellten Röhren benützt, zeigen auf den dem Zuleitungskörper zugewendeten Flächen der mitgetheilten Electricität gleichnamige und auf den abgewendeten Flächen dieser Electricität entgegengesetzte Figuren.

Eine Leidnerflasche auf die Schellackseite gestellt und geladen, gibt Figuren, gleichnamig der Electricität, welche man dem Knopfe mittheilt.

Fährt man mit dem Knopfe einer stark positiv geladenen Leidnerflasche, die man an der äusseren Belegung anfasst, über die Oberfläche des Electrophors, so erhalten die Züge nach dem Bestäuben das Ansehen von Schachtelhalmen. Verwendet man in passender Weise statt des Knopfes einen mit der äusseren Belegung in leitender Verbindung stehenden Metallstift oder die Kette der Flasche, so sehen die beschriebenen Züge wie Perlenschnüre aus. Selbstverständlich gelingt der letztere dieser beiden Versuche auch, wenn man die Flasche negativ ladet und den Knopf zum Schreiben benützt. Diese Züge können selbst nach mehreren Tagen durch Bestäuben sichtbar gemacht werden, und geben eine Art Geheimschrift ab. Das Experiment hat aber eine weit höhere Bedeutung, als die einer blossen electrischen Spielerei, wie Lichtenberg übrigens später selbst erkannte; es zeigt deutlich eine Intermittenz der Entladung.

Diese Versuche wurden hier angeführt, weil sie für das Spätere als Ausgangspuncte dienen werden, während andere, die nicht unmittelbar zur Erklärung geeignet scheinen, übergangen werden mögen. Nur sei noch bemerkt, dass sich Lichtenberg bereits des Verfahrens

bediente, der Harzplatte, um dieselbe zu neuen Versuchen brauchbar zu machen, durch Anhauchen die Fähigkeit zu benehmen, das Harzpulver anzuziehen.

In der zweiten Abhandlung stellte Lichtenberg sechszehn Körper, auf welchen Figuren erzeugt werden können, und eben so viele Körper, welche im gepulverten Zustande zur Erzeugung der Figuren brauchbar sind, nach dem Grade ihrer Verwendbarkeit in eine Reihe zusammen. Er selbst benützte aber bei seinen späteren Versuchen gewöhnlich nur Pulver von Harzen oder Schwefelpulver, als Scheiben aber nicht wie früher Schellackplatten, sondern Blechscheiben, die auf beiden Seiten mit Harz überzogen waren; diese lieferten, in der vorher besprochenen Weise angewendet, gleichzeitig beide Arten von Figuren und erwiesen sich auch für die schwächste Electricität empfänglich, wenn der Ueberzug sehr dünn war.

Nach einer kurzen Erklärung, betreffend den Sinn der in der ersten Abhandlung gebrauchten Franklin'schen Bezeichnung, positive und negative Electricität, und namentlich der dafür benützten Symbole + E und — E, spricht Lichtenberg nochmals mit Bestimmtheit aus, dass der electrische Zustand der vom Funken getroffenen Stellen als die Ursache des Entstehens der Figuren anzusehen sei. Der von einigen Physikern aufgestellten Behauptung, der electrische Zustand der Staubtheilchen wäre die alleinige Ursache, widerspricht er, gibt jedoch zu, dass dieser Umstand mitwirken könne; nur findet nach ihm die Electrisirung des Staubes erst in der electrischen Atmosphäre der Harzscheibe und nicht durch Schütteln im Staubbeutel Statt; für welche Ansicht er das Auftreten von Figuren durch den aus der Luft herabfallenden Staub und mehrere andere Gründe anführt.

Lichtenberg bemerkt, dass es ihm allerdings nicht gelungen sei, die Schwierigkeiten zu überwinden, welche sich der Erklärung der Formverschiedenheit positiver und negativer Figuren entgegenstellen, dass aber eben dieser Unterschied die Wichtigkeit der Figuren als electroscopisches Hilfsmittel begründe und gibt bei dieser Gelegenheit einen sinnreichen Registrir-Apparat für atmosphärische Electricität an, den er sich ausgedacht, jedoch nicht construirt hatte. Die fruchtbare Idee der Benützung der Staubfiguren zu electroscopischen Zwecken ist selbst heute noch viel zu wenig ausgebeutet — doch wird diese Methode gewiss zur Geltung kommen, sobald alle Zweifel über die Entstehungsweise der Figuren behoben sein werden.

Der bereits früher erwähnte Gegenversuch der Ableitung an einer Stelle einer electrisirten Harzfläche wird auch in der zweiten Schrift erwähnt und auf positiv electrisirte Scheiben ausgedehnt. Die Art der Herstellung der letzteren gibt Lichtenberg nicht an; er erinnert auch nicht daran, den Versuch mit der negativ electrischen Harzscheibe schon am Electrophor ausgeführt zu haben.

Schliesslich wäre noch zu bemerken, dass Lichtenberg auch schon folgende Erfahrung machte. Im luftverdünnten Raume erzeugt, ergeben die Figuren eine beträchtliche Vergrösserung, sowohl im Ganzen, als auch in den einzelnen Theilen, namentlich eine Verbreiterung der Aeste, ferner treten die Unterschiede der positiven und negativen Figur nicht mehr so scharf hervor. In den weissen Strahlen der positiven zeigt sich noch eine schwarze Linie und in den schwarzen Stellen der negativen tritt eine vom Staube bedeckte (sternförmige) Zeichnung auf.[1])

Auch noch andere Versuche theilte der Göttinger Gelehrte mit, welche aber, weil sie weniger als Vorbereitung zu den folgenden Ergebnissen anderer Forscher dienen, nicht eigens angeführt werden sollen.

Die Lichtenberg'schen Figuren, welchen sich sehr bald die Aufmerksamkeit der Physiker jener Zeit zuwendete, wurden nun mit Eifer studirt. Tiberio Cavallo hat 1779 nochmals auf den für die Theorie der Erscheinung wichtigen Umstand aufmerksam gemacht, dass das zur Hervorrufung der Figuren verwendete Harzpulver electrisirt sei.[2]) Jedoch nicht hierin bestand sein Verdienst, denn die Electrisirung des Staubes wurde gleich nach dem Erscheinen der ersten Abhandlung Lichtenberg's ausgesprochen, sondern darin, zuerst den bestimmt negativ electrischen Zustand des durch Leinwand gesiebten Harzpulvers nachgewiesen zu haben.

Der berühmte Meteorologe des vorigen Jahrhunderts Jean André Deluc, welcher gerade um die Zeit, da Lichtenberg noch mit seinen Versuchen beschäftigt war, durch Göttingen kam, fand daselbst Gelegenheit, die verschiedenen Experimente von dem Letzteren aus-

1) Comment. post. Tab. I. — Deutsche Ausgabe. Zweite Abh. Taf. VI und VII.

2) Cavallo. An account of some new experiments in electricity, with the description and use of two new electrical instruments. (Phil. Transact. Vol. 70. P. 1. p. 15.)

führen zu sehen. Auch er schloss damals mit dem Entdecker der Staubfiguren, dass dieselben ermöglichen werden, Aufschluss über die Natur des electrischen Fluidums zu erlangen und fühlte sich daher angeregt, eine Reihe von Versuchen darüber anzustellen, deren Resultate er im Jahre 1787 in dem ersten Theile seiner „Neuen Ideen über die Meteorologie" mittheilte.[1])

Die Electrisirung des Harzstaubes durch Reibung beim Durchgange durch Gewebe erschloss Deluc daraus, dass die Figuren bei Anwendung von dichterer Leinwand, welche starkes Schütteln erforderte, weit schöner ausfielen, als wenn man lockere Leinwand benützte, die den Staub leicht hindurchfallen liess, also weniger rieb.

Er gebrauchte zu seinen Versuchen Glasplatten, die entweder einseitig oder beiderseitig mit schwarzem Siegellack überzogen waren, mitunter aber auch solche, die theils mit Siegellack bedeckte, theils unbedeckte Stellen besassen.

An zwei gegenüberliegenden Stellen auf beiden Seiten einer in horizontaler Lage frei aufgestellten Platte wurden zwei leitende Körper, von welchen der eine zur Uebertragung der Electricität, der andere zur Ableitung bestimmt war, durch eigens construirte hebelartige Vorrictungen sanft angedrückt. Mittelst fünf Arten der leitenden Körper (Spitzen, Platten etc.) stellte Deluc in acht verschiedenen Abwechslungen des Versuches, welche zumeist die Art des Abhebens von der Platte betrafen, bei Anwendung von positiver und negativer Electricität 80 durch besondere Kennzeichen verschiedene Figuren her, die er jedoch nicht näher beschreibt. Ausserdem wurden die Versuche noch variirt durch Bestäuben der Platte vor dem Abheben des Zuleiters oder Ableiters, sowie vor dem Anlegen dieser Körper.

Alle diese Versuche, von welchen Deluc sagt, dass der Theil seines Journals, der ihre näheren Angaben enthält, einen ganzen Band füllen würde, hatten zwar zunächst den Zweck, eine Erklärung der Entsehungsweise der electrischen Figuren zu finden, doch interessirte er sich für dieselben, wie für alle electrischen Erscheinungen auch

1) J. A. de Luc. Nouv. Idées sur la Météorologie. II Bde. Paris 1787. — Neue Ideen über die Meteorologie von J. A. de Luc. Aus dem Französischen übersetzt. II Th. Berlin und Stettin, 1787. Im ersten Theile ist ein ganzer Abschnitt: „Von den electrischen Figuren des Herrn Professor Lichtenberg." Seite 390—411 ausschliesslich diesem Gegenstande gewidmet.



insoferne, weil es eine seiner Lieblingsideen war, das electrische Fluidum mit den Wasserdünsten zu vergleichen, um so eine übereinstimmende Theorie für die wässerigen Meteore und die electrischen Thatsachen zu gewinnen.

Von den weiteren Untersuchungen wäre noch bemerkenswerth, dass Deluc eine zerlegbare Franklin'sche Tafel (Kleist'sche Platte), deren isolirende Schichte eine den früher erwähnten ähnliche, mit einem Harzüberzuge versehene Glasplatte bildete, lud, sodann die Belege entfernte und den Isolator mit Harzpulver bestäubte. Die während des Ladens von den Belegungen bedeckten Theile zeigten nebst einem verworrenen Gewölke kleine Sternchen auf der positiven und kleine perlartige Flecken auf der negativen Seite. Wurde die Franklin'sche Tafel aber früher entladen, so kamen nebst diesem Gewölke einige kleine Sterne auf der negativen und einige Perlen auf der positiven Seite zum Vorschein. Diese Thatsache, deren nächste Ursache leicht anzugeben ist, führt nun Deluc dazu, die Form der positiven Figur mit dem von einem positiv electrisirten Körper ausgehenden Lichtbüschel, die Form der negativen Figur mit dem Glimmlichte negativ electrisirter Körper in Zusammenhang zu bringen. Hierdurch wurde übrigens nur eine schon von Lichtenberg gemachte Andeutung weiter ausgeführt und bestimmter ausgesprochen, denn schon dieser sagte, dass bei den mit dem Electrophor im Dunkeln angestellten Versuchen leuchtende Büschel aus dem Deckel herabfuhren, die, auf die Basis projicirt, jene Sternchen bildeten.[1]).

Nach der theoretischen Ansicht, welche sich Deluc über die Electricität gebildet hatte, bezeichnen die kleinen Sterne den Ort, wo ein Strahl von electrischem Fluidum sich ergossen hat; die kleinen Perlen bezeichnen Puncte, zu welchen sich das eigene Fluidum der Platte hingegeben hat. Hiemit ist wohl die Analogie mit dem Lichtbüschel einerseits und mit dem Glimmlichte andererseits gegeben; hätte aber, abgesehen von der Hypothese, die hier zu Grunde gelegt wird, des umständlichen Beweises mit der Kleist'schen Platte nicht bedurft.

Die Begründung der Art und Weise, wie die Staubfiguren entstehen, ist nach Deluc's Vorstellung ziemlich verwickelt, jedoch mit viel Scharfsinn durchgeführt.

---

1) Comment. prior. pag. 8.

Die electrischen Zustände auf beiden Seiten der Platte modificiren sich nach ihm gegenseitig und wirken gemeinschaftlich auf die Anordnung des Staubes ein. Deluc untersuchte auch die verschiedenen Phasen dieser electrischen Zustände, welche auftreten, je nachdem man den electrisirten Körper blos genähert und wieder entfernt oder bis zum Ueberspringen des Funkens dem Zuleiter nahe gebracht hatte.

Die Formverschiedenheit der ungleichnamigen Figuren wird damit zu erklären versucht, dass bei der Bildung der negativen Figur ein Vorrücken der eigenen electrischen Materie der Platte Statt findet, welches in concentrischen Zonen geschieht, während die positiven Figuren von dem Zuflusse fremden Fluidums herrühren, welches sich, da es der Zuleitungskörper und die getroffene Stelle nicht ganz fassen kann, nach seiner Neigung zur Bewegung in gerader Linie bei seinem Austritte in Strahlen über die Platte verbreitet.

Deluc meinte, die Figuren können nur auf isolirenden Platten entstehen, weil auf solchen allein die Electricität dauerhafte Stellungen annimmt. Da Glas dieses nichtleitende Vermögen in einem nicht geringeren Grade besitzt als Siegellack, so versuchte er Figuren auf Glas herzustellen, um ihre Charactere mit den bekannten Figuren auf Siegellack zu vergleichen. Wenn die Glasplatten unmittelbar nach der Operation bestäubt wurden, so waren die Figuren des Glases und Lackes wenig verschieden; je länger er aber mit dem Bestäuben säumte, desto unordentlicher wurden sie auf dem Glase und bildeten am Ende nur verworrenes Gewölk. Zu einem besonderen Resultate scheint übrigens Deluc in dieser Richtung nicht gelangt zu sein, da er weiter nichts hierüber angibt, was in der Schwierigkeit der Herstellung der Figuren auf Glas seinen Grund hat, wie schon Lichtenberg's Erfahrungen zeigen, der mehrere Glassorten an ziemlich später Stelle in der von ihm aufgestellten Reihe anführt. In der ersten Schrift sagte Lichtenberg: „Man kann zwar Glasscheiben anstatt Harzscheiben nehmen, allein die Figuren werden selten so nett und deutlich darauf." [1])

Schliesslich möge hier noch eine von den vielen Abwechslungen des Versuches Platz finden, welche Figuren liefert, deren Eigenthümlichkeiten unter allen complicirten Erscheinungen, die Deluc angibt,

1) Comment. prior, pag. 14. — Uebers. S. 58.



die grösste Aufmerksamkeit verdienen. Er verwendete, wie schon bemerkt worden ist, auch kreisförmige und anders gestaltete Metallplatten als Zuleitungskörper und modificirte den Versuch dadurch, dass er die mit schwarzem Siegellack überzogene Glasplatte früher bestäubte. Hatte er bei dieser Anordnung der oberen Metallplatte eine grössere Menge Electricität mitgetheilt, während die untere abgeleitet war, und sodann der ersteren durch Annähern des Fingers einen Funken entzogen, so kamen verwickelte Figuren zum Vorschein. Die Mitte derselben, also die von der Platte während des Ladens und Entladens bedeckten Stellen waren mit schwarzen, oft mehrfach umsäumten Aesten ausgefüllt, die sich auf ihren Wegen krümmten, abzweigten und an ihren Enden verdickten. Deluc nennt diese merkwürdigen Eigenthümlichkeiten blättrige Ramificationen oder auch Laubwerk und bemerkt nur noch, dass es ihm unmöglich sei, ohne Abbildung die Unterschiede derjenigen Figuren klar zu machen, welche man durch entgegengesetzte Electrisirung erhält.

Mit dem Studium der Lichtenberg'schen Figuren beschäftigten sich unter Anderen auch der holländische Arzt und nachmalige Kriegsminister Cornelis von Krayenhoff, der Amsterdamer Kaufmann Paets van Troostwijk und der Dompropst Lars Ekmark in Strengnäs.

Die beiden Erstgenannten suchten in einer gemeinschaftlichen Publication mit Hilfe der Resultate ihrer Arbeit die Franklin'sche Hypothese der Einheit der electrischen Materie zu stützen.[1])

Der Letztere hingegen stellte in einer etwas abgeänderten Art Lichtenberg'sche Figuren dar und glaubte in den dabei auftretenden Erscheinungen einen Beweis für den Symmer'schen Dualismus zu finden.[1])

Nachdem nun Cavallo gezeigt hatte, dass Harzpulver durch Schütteln im Staubbeutel negativ electrisch werde, und durch Lichtenberg's subtile Versuche (wenigstens für die strahlige Figur)

---

1) Verhandeling over zeekere onderscheidene Figuuren, welken door de beede Soorten van Electriciteit vorden voordgebragt door A. Paets van Troostwijk en C. R. T. Krayenhoff. (Anhg. Magazyn Nat. 1. Bd.) — Uebers. in den Leipziger Samml. zur Phys. und Naturg. IV. Bd., St. 4. 1790. S. 357.

2) L. Ekmark. Nytt bevis för theerien om tvenne electriska ämnen. (Kongel. Ventens. Acad. Nya Handlingar. Stockholm 1800. 2. Quartal.) — Gilbert's Ann. 23. S. 431.



nachgewiesen worden war, dass die den Harzstaub annehmenden Stellen positiv electrisch seien, so suchte man die Anhäufung des Staubes auf diesen Stellen einfach durch Anziehung ungleichnamiger Electricitäten zu erklären. Diese Erklärung gilt aber unter der obigen Voraussetzung, sowohl wenn die vom Staube freien Stellen der Harzplatte neutral, als auch dann, wenn sie negativ electrisch wären. In dem ersten Falle braucht man nur eine ausgedehnte Wirkungssphäre anzunehmen, in dem zweiten Falle ist es klar, dass die entgegengesetzt electrischen Stellen sich in ihren Wirkungen auf das Pulver unterstützen. Der Zustand der unbestäubten Stellen bleibt auf diese Weise unbestimmt und der von Deluc ausgesprochene Satz, dass alle Theile der Platte, welche keinen Harzstaub aufnehmen, negativ electrisch sind, ist nicht unbedingt richtig.[1]). Noch weniger kann man seiner Auslegung zustimmen, es habe schon Lichtenberg einen solchen ungerechtfertigten Schluss gemacht.[2])

Mit Rücksicht auf die Unbestimmtheit des electrischen Zustandes der unbestäubten Stellen, bei Anwendung von Harz- oder Schwefelpulver, sowie anderer von Lichtenberg und Deluc benützter pulverförmiger Körper, muss eine im Jahre 1788 gemachte Erfindung als ein für die Theorie der Staubfiguren wichtiger Fortschritt bezeichnet werden. Herr v. Villarsy aus Chalons sur Marne empfahl dem Mechaniker Bienvenu, sich bei der Darstellung der Figuren eines Gemenges von Schwefelblumen und Mennigpulver zu bedienen, welches auch heute noch mit Vortheil benützt wird. Unter Anwendung des Villarsy'schen Gemenges nehmen, wie Bienvenu mittheilte[3]), die positiven, strahligen Figuren das Schwefelpulver an und erscheinen gelb gefärbt; die negativen Figuren erscheinen hingegen roth, indem sie von Mennige bedeckt werden.

Da es nahe lag, diese Erscheinung durch entgegengesetzte Electrisirung der beiden Bestandtheile des Villarsy'schen Gemenges zu erklären, und zwar einer negativen des Schwefels und einer positiven der Mennige, so wandte sich nun das grösste Interesse der Electrisirung von pulverförmigen Körpern durch Reibung zu. Namentlich

---

1) Neue Ideen über die Meteorologie etc. S 398.

2) Ebend. S. 391.

3) Journal général de France. 1788. Nr. 9. — Voigt's Magazin für das Neueste der Physik. VIII. Bd. S. 4, S. 176.



solche Pulver, welche eine ausgezeichnete Farbe besassen, wurden in dieser Hinsicht untersucht.

Cavallo suchte in einer Reihe von Experimenten die Art der Electricität auszumitteln, welche verschiedene Pulver annehmen, indem sie auf materiell verschiedene Körper gelegt und von deren Oberfläche durch Schütteln herabgeworfen wurden.[1] Harzstaub fand er, wie schon bei früherer Gelegenheit, negativ electrisch, wenn man ihn von Papier, Glas oder einem metallenen Löffel herabfallen liess; ebenso auch Schwefelblumen, nur im geringeren Grade. Selbst Metallpulver erwiesen sich als electrisch und zwar wurde beispielsweise Eisenfeilicht, aus einer gläsernen Flasche oder von Papier geschüttet, negativ.

Aehnliche Versuche stellten Bennet, Volta, Vassali, Singer, Kortum, so wie später Becquerel und Faraday an, und benützten hiebei Electroscope zur Anzeige. Die Reibung von Pulvern untereinander untersuchten Gersdorf, Aldini und Arnim; bei den letzteren Versuchen gaben die Lichtenberg'schen Figuren selbst das Prüfungsmittel ab.[2]

Von den Erfahrungen, die dabei gemacht wurden, und unter denen auch manches Widersprechende vorkömmt, sind für den vorliegenden Zweck folgende besonders erwähnenswerth.

Der Pfarrer Abraham Bennet bemerkte schon 1787, dass Mennige, mit einem Blasebalge gegen den Deckel eines Electrophors geblasen, denselben negativ electrisch mache.[3]

Der Banquier Karl Kortum in Warschau, dem das Villarsy'sche Experiment nach der Angabe Bienvenu's anfangs durchaus nicht gelingen wollte, stellte 1795 ausführliche Versuche über die electrischen Zustände an, welche verschiedene Pulver durch Reiben annehmen, da er die Ursache der Trennung beider Ingredienzien in den entgegengesetzten Electricitäten derselben vermuthete.[4] Die von ihm zuerst angewandte Mennigsorte erwies sich in der That am Electrometer negativ electrisch, während andere in der Farbe von der

1) Cavallo. Complete treatise on electricity. London 1795. Vol. 2. pag. 75.

2) Ausführliches über die Electricitätserregung von Pulvern findet man in Riess, die Lehre von der Reibungselectricität. II. Bd. S. 393.

3) A. Bennet. Description of a new electrometer. (Philos. Transact. f. 1787.)

4) Karl Kortum. Separation verschiedener Pulvergemische durch electrische Affinität und Untersuchung der Electricität von einer Anzahl Pulver. (Voigt's Magazin. X. Bd. St. 2. S. 1—15.

ersten nicht verschiedene Gattungen das entgegengesetzte Verhalten zeigten. Sobald er diese Verschiedenheit kannte, war es ihm nicht schwer, mehrere Pulvergemische zuzubereiten, die das schöne Phänomen in mancherlei Farben zum Vorschein brachten.

Kortum stellte die Resultate der Prüfungen am Electrometer in einen Catalog zusammen und gab zur Anfertigung von Gemengen den Grundsatz an, dass gemischte Pulver, die sich separiren sollen, einzeln durch einerlei Staubbeutel gesiebt, entgegengesetzte Electricität erlangen müssen. Auch ist es nicht gleichgiltig, aus welchem Stoffe der Staubbeutel verfertigt sei, oder welche Farbe er habe.

Das Pulver, welches die positive Figur bedeckte, gibt am Electrometer auch nachträglich eine negative electrische Anzeige und so umgekehrt. Beide Bestandtheile des Gemenges verbleiben also in dem electrischen Zustand, in dem sie sich befinden, als sie den Staubbeutel verliessen. Pulver, die trocken und warm positive Electricität geben, zeigen nicht selten das entgegengesetzte Verhalten, wenn sie etwas feucht sind; während solche, die trocken negativ electrisch werden, diese Eigenschaft durch die ihnen anhängende Feuchtigkeit nicht einbüssen.

Aldini fand, dass verschiedene Arten von Pulver, des Mineral-, Pflanzen- oder Thierreiches, auf einen electrisirten Harzkuchen geworfen, verschiedene Erscheinungen darboten.[1] Machte er positive Puncte mit der Flasche auf demselben und streute Mennige darauf, so bildeten sich Sterne; bei negativer Electrisirung hingegen kreisrunde Figuren. Wurden Mennige und gepulverter Schwefel in gleichen Theilen vermischt und die positiv electrisirte Fläche mit dem Gemenge bestäubt, so setzte sich der Schwefel sternförmig an, das Mennigpulver dagegen wurde ohne Ordnung zerstreut. Bei negativer Electrisirung der Harzfläche setzte sich Mennige in regelmässigen Kreisen, der Schwefel in Unordnung an. Es wurde also Mennige, welche allein angewendet, beiden Electricitäten gleich geneigt war, in diesem Gemenge von der negativen Electricität mehr angezogen, als von der positiven. Bei derselben Gelegenheit benützte er auch auf Anregung seines Oheims Galvani Flüssigkeiten. Ein Kranz von Oel um den Zuleiter gebracht, wurde durch den positiven Funken strahlenförmig

1) Annali di Chimica d. S. Brugnatelli. Tom. 13. p. 135—154. — Electrische Versuche von Aldini. (Gilb. Ann. d. Phys. IV. Bd. S. 419.)

ausgedehnt. Von seinen weiteren Versuchen mag nur noch erwähnt werden, dass ihn dieselben dazu führten, die Bildung der Schneefiguren einer Einwirkung der Electricität zuzuschreiben, was auch Kortum schon angedeutet hatte.

Arnim untersuchte in ähnlicher Weise mehrere Pulvergemenge.[1]

Herr Jacob Schneider, gegenwärtig Gymnasialprofessor in Düsseldorf, wählte im Jahre 1840 die electrischen Figuren als Gegenstand seiner Inaugural-Dissertation[2]. Die Abhandlung, welche viel Interessantes enthält, scheint indess nicht besonders bekannt geworden zu sein.

In dem ersten Theile derselben wird zunächst ein wesentlicher Unterschied gemacht zwischen den Figuren, welche entstehen, je nachdem man der Harzfläche früher Electricität mittheilt und sie nachher bestäubt, oder dieselbe vorher mit dem Staube bedeckt und erst nachträglich electrisirt. Sodann werden diese beiden Arten von Figuren, welche kurz erhabene und vertiefte genannt werden mögen, eingehend beschrieben und die dabei beobachteten Einzelheiten erklärt.

Wenn man die harzige Oberfläche des Electrophors mit dem Knopfe einer positiv geladenen Leidnerflasche berührt und hernach Bärlappsamen aufstreut, erhält man eine Figur, in welcher sich Aestchen zeigen, die aus aufgehäuftem Staub bestehen, und in ihrer Mitte eine, vom Staube beinahe freie Furche besitzen; rings um die Aeste erscheint ein kleiner von Stäubchen freier Raum. Durch diese Aestchen oder Strahlen wird der Weg angezeigt, den die Electricität längs der Harzfläche eingeschlagen hat.

Diese Eigenthümlichkeit, welche nur in besonders ausgebildeten Figuren zu erkennen und in der von Lichtenberg gegebenen Abbildung der im luftverdünnten Raume erzeugten Staubfigur ebenfalls zu sehen sind[3], erklärt Schneider folgendermaassen. Sobald man den Staub auf die Oberfläche gestreut hat, wird sich derselbe in kurzer Zeit zu der genannten Figur zusammenhäufen. Die beiden Ränder des von der Electricität gefüllten schmalen Streifens reissen den sie von aussen umgebenden Staub desshalb mit grösserer Leich-

1) Electrische Versuche von L. A. Arnim. (Gilb. Ann. V. Bd. S. 33.)

2) Jacobus Schneider. De figuris electricis. Dissertatio etc. Cum tabula lithographica. Bonnae 1840.

3) Comment. post. Tab. I. — Deutsche Ausgabe. Zweite Abh. Tafel VI und VII.

tigkeit und Gewalt an sich, als die mittleren Partien, weil sie demselben näher liegen; die in der Mitte befindliche Electricität wirkt um so schwächer nach aussen, je weiter sie vom Rande entfernt ist. Dadurch entsteht die früher erwähnte, den Ast in der Mitte durchziehende, beinahe von jedem Staube freie Furche. Nicht selten erhält man aber auch Figuren, deren Aestchen solcher Furchen oder Kanäle entbehren. Der Umstand, dass die Furchen sich nicht bis zum äussersten Ende der Aeste hinziehen, ist ebenso zu erklären.

Bläst man mit einem kleinen Blasbalg oder mit dem Munde den Staub auf der Oberfläche an, so bleibt ausser an den electrischen Orten nirgends Staub liegen. Hierdurch kömmt eine Figur zum Vorschein, welche den Weg, den die Electricität genommen hat, anzeigt; es sind aber dann keine Furchen in den Aesten bemerkbar, da der so aufgewirbelte Staub nun an den in der Mitte der Aeste befindlichen Stellen vorübergeführt, auch von diesen angezogen wird und sie ausfüllt.

Wenn man mit einem negativ electrischen Körper die Platte berührt und dann Bärlappsamen daraufstreut, so entsteht ein Staubkreis, den ein vom Staube fast ganz freier Raum umgibt. Betrachtet man diesen Kreis genauer, so sieht man, dass der Staub vom Umfange gegen die Mitte zu abnimmt. Den Grund dieser Erscheinung erklärt Schneider in ähnlicher Weise. Der Saum dieses den Weg der Electricität anzeigenden und mit derselben erfüllten Kreises zieht den um ihn herum auffallenden Staub aus dem oben angeführten Grunde stärker an als die Mitte, und es entsteht so aussen ein staubfreier Raum und im Innern eine Vertiefung.

Wird aber der auf der Oberfläche befindliche, bewegliche Staub angeblasen, so bleibt er nirgends liegen, ausser im electrischen Kreise, welcher den vorüberstreichenden Staub gleichmässig anzieht. In solcher Weise erscheinen dann alle Stellen der electrischen Kreisfläche vom Staube bedeckt und kein Punct des gefüllten Staubkreises ist niedriger.

Die vertieften Figuren beschreibt Schneider im Wesentlichen wie folgt. Die positive Figur erscheint mit staubleeren Strahlen oder Aesten geziert, welche manchmal durch eine schmale, bestäubte Längsrippe in der Mitte ausgezeichnet sind, die negative als leerer Kreis mit einem im Centrum befindlichen kleinen Staubkern, der jedoch fast nie vermisst wird. Da, wie aus der Anordnung beim Versuche hervorgeht, der Staub ebenso wie der Harzkuchen electrisirt wird,

so müssen innerhalb der Figur, in Folge der Abstossung gleichnamiger Electricitäten, leere Stellen da auftreten, wo sich bei der ersten Erzeugungsart Staub aufhäuft. Die Entstehung der Rippen und des Staubkernes lässt Schneider unerklärt.

Im zweiten Theile der genannten Schrift gibt derselbe ein abgeändertes Verfahren an, Staubfiguren herzustellen. Man lade eine zerlegbare, am besten mit kreisrunden Belegen versehene, horizontal aufgestellte Franklin'sche Tafel. Nach geschehener Ladung entferne man die obere Metallplatte und bestreue die Glastafel mit Bärlappsamen. Sodann entlade man die Tafel, indem man den einen Knopf des Ausladers mit der unteren, noch nicht entfernten Belegung und den anderen mit der Mitte der oberen bestreuten Glasfläche in Berührung bringt. Ist die Entladung vor sich gegangen, so erscheint eine schöne electrische Figur auf der Glastafel, welche fast die Grösse der abgehobenen Belegung hat, und zwar eine negative, wenn die obere Seite positiv, eine positive, wenn sie negativ geladen war. Die beiden Figuren können nach Schneider auch gleichzeitig erhalten werden, also entweder auf der oberen Seite die negative, auf der unteren die positive oder umgekehrt. In diesem Falle müssen beide Seiten der Tafel mit Staub bedeckt werden.

Ein bedeutendes Interesse hat die so entstehende negative Staubfigur, von welcher der Genannte eine Abbildung beischloss. In der Mitte derselben befindet sich ein beinahe staubleerer Kreis, der von Staub umgeben ist und im Centrum etwas Staub zeigt. Von einem einzigen Puncte des Kreises gehen einige staubleere, durch verschiedene Krümmungen und mehrfache Verzweigungen characterisirte, schmale Aeste aus. Sie sind scharf begrenzt und auf beiden Seiten von Staub umgeben, der nach aussen zu allmählig abnimmt und endlich sich ganz verliert; sodann folgt dichter Staub, der in den gleichmässig bestäubten Grund, auf welchem die Figur sich bildet, übergeht oder die einzelnen Theile derselben scheidet.

Die Form dieser Figur erinnert auch an die merkwürdigen laubförmigen Verästlungen, welche Lichtenberg's negative Figur so deutlich zeigt[1]), so wie an das Laubwerk, welches Deluc bei Anwendung von Platten als Zuleiter erhielt und dem er eine grosse

---

1) Comment. post. Tab. III. — Deutsche Ausgabe. Erste Abh. Tafel III.

Aufmerksamkeit zuwendete.[1]) In der von Schneider gegebenen Abbildung finden sich die characteristischen Merkmale, welche Deluc seiner merkwürdigen Figur zuschreibt, alle getreu wieder. Sowohl die Krümmungen und Abzweigungen der einzelnen Theile, sowie die Verdickungen an den Enden sind in der genannten Abbildung zu sehen. Aus der Uebereinstimmung in der Form der Figuren und in der Anordnung des Experimentes geht hervor, dass die von Schneider genau beschriebene Figur mit jener Deluc's identisch ist.

Wie schon vorhin bemerkt wurde, erhält man bei negativer Ladung der oberen Metallplatte auf der von dieser berührten Glasfläche eine positive Figur, welche den von der Belegung eingenommenen Raum ausfüllt. Diese besteht aus einem in dem vom Auslader berührten Orte sich bildenden kleinen Kreise, von welchem viele Strahlen ausgehen und sich in ihrem Verlaufe mehrfach theilen.

Die beiden letzterwähnten Figuren werden von Schneider als bis dahin nicht beobachtete Erscheinungen vorgeführt. Ihre Herstellung wurde ihm von Prof. Plücker, seinem damaligen Lehrer, zum Behufe der Veröffentlichung mitgetheilt.

In der vom dänischen Regimentschirurgen Friedrich Saxtorph herausgegebenen Electricitätslehre findet sich zuerst eine Andeutung electrischer Zeichnungen, welche im Gegensatze zu den Staubfiguren electrische Staubbilder genannt werden und deren Studium von wesentlichem Nutzen für die Theorie der Lichtenberg'schen Figuren ist.[2]) Doch erst Masson hat 1843 ähnliche Versuche mit Münzen und Medaillenformen angestellt und einen Umstand hervorgehoben, der beachtenswerth schien. Wurde nämlich die auf eine Harzplatte gelegte Münze positiv electrisirt, so nahmen die Stellen, welche mit den erhabenen Theilen der Münze in Berührung standen, nach dem Abheben und Bestäuben mit Mennige dieses Pulver an und es entstand so ein Abbild der Münze. Bei Anwendung von negativer Electricität blieben die erwähnten Stellen unbestäubt.[3]).

1) Neue Ideen ü. d. M. S. 405.

2) Elektrizitätslære, II Dl. Kiöbnh. 1802—3. — Deutsch von B. Fangel, II Bde. Kopenh. 1803—4. I. Bd. 487.

3) A. Ph. Masson. Sur la formation d'une certaine classe d'image au moyen de l'étincelle electrique. — Sur la formation des images de Moser. (Compt. rend. de l'Acad. de France 1843. T. 16.)

Riess machte schon im Jahre 1838 die Erfahrung, dass der über die Oberfläche von Glas oder Glimmer entlang gehende electrische Entladungsfunke ausnehmend regelmässige und zierliche Streifen zurücklässt, welche auf Glimmer und unter gewissen Umständen auch auf Glas mit farbigen Säumen umgeben sind und dann electrische Farbenstreifen genannt werden.[1]) Ausser diesen Streifen lassen sich auf der Oberfläche der genannten Körper noch andere Stellen als durch die Entladung verändert erkennen. Sie erscheinen beim Anhauchen als eigenthümlich verästelte Figuren, die spiegelhell auf dem vom Hauche getrübten Grunde stehen. Besonders auf Glimmer erhielt Riess um die Ansatzstelle der Spitzen des Entladungsapparates regelmässig von der Peripherie eines Kreises ausgehende Verästelungen, die er als sehr schöne Lichtenberg'sche Figuren bezeichnete und vier Jahre später mit dem Namen electrische Hauchfiguren belegte.[2])

Durch die Analogie der Hauchfiguren mit den im Jahre 1842 von Moser entdeckten Lichtbildern zu ähnlichen electrischen Versuchen angeregt, fand G. Karsten gegen Ende des genannten Jahres eine weitere Art electrischer Zeichnungen, die sogenannten electrischen Hauchbilder[3]). Eine Münze wurde auf eine Spiegelglasplatte gelegt, die auf einer zur Erde abgeleiteten Metallplatte ruhte; nachdem während hundert Umdrehungen der Scheibe einer Electrisirmaschine Funken vom Conductor zur Münze und von dieser zur Metallplatte schlugen, wurde die Münze abgehoben. Die Platte gab angehaucht einen vollständigen, bis in die kleinsten Details getreuen Abdruck der Münze. Es ist wichtig zu bemerken, dass die Genauigkeit der Abbildung sehr gefördert wird, wenn aus der Münze Funken auf das Metallblech überschlagen; entweicht die Electricität langsam aus der Münze, so erscheinen die Bilder undeutlich. Um auf polirten Metallplatten Hauchbilder herzustellen, musste zwischen der Münze und der Platte ein geöltes Papierblatt angebracht werden. Sicherer gelingen die Bilder, wenn man, wie Karsten später angab, ein dünnes Glimmer-

---

1) Riess. Ueber die Erwärmung im Schliessungsbogen der electrischen Batterie. (Pogg. Ann. d. Ph. n. Ch. XLIII. Bd. S. 47.) — Die betreffende Stelle findet sich auf S. 84.

2) Repertorium der Physik. VI. Bd. 1842. S. 180.

3) Gustav Karsten. Ueber electrische Abbildungen. (Erste Abh. Pogg. Ann. LVII. Bd. S. 492.)

blättchen als Zwischenkörper benützt;[1]) 15 bis 20 Umdrehungen der Scheibe der Electrisirmaschine genügten zur Hervorrufung eines scharfen Hauchbildes, wenn hiebei häufig Funken von der Münze zur Platte übersprangen.

Karsten nennt Hauchbilder, welche durch Zuführung positiver Electricität gebildet werden, negativ electrische und solche, die durch Zuführen negativer Electricität erzeugt werden, positiv electrische Bilder, da ihr Entstehen der auf der Platte gebundenen Electricität zuzuschreiben ist. Ein Unterschied beider Arten von Bildern lässt sich nach ihm bei Anwendung von Wasserdämpfen zur Hervorrufung nicht erkennen; die ungetrübten Stellen der Platte entsprechen stets den erhabenen Stellen des Modells. Wendet man zur Fixirung der Bilder Jod- und Quecksilberdämpfe an, so lässt sich wohl ein Unterschied zwischen ihnen herausfinden, indem die negativ electrischen den Eindruck einer vertieften, die positiv electrischen den einer erhabenen Münze machen, doch schlagen diese Merkmale häufig um und scheinen mehr mit der Quantität als mit der Qualität der gebrauchten Electricität im Zusammenhange zu stehen.

Eine spätere Abhandlung Karsten's, welche sich hauptsächlich mit dem Zusammenhange der electrischen Bilder, der Moser'schen Lichtbilder und der Knorr'schen Thermographien beschäftiget, enthält die Bemerkung, dass die vom Hauche ungetrübten, also scheinbar nicht von den Wasserdünsten beschlagenen Stellen der electrischen Bilder, eigentlich die Dämpfe noch viel stärker condensiren und so durch ein Ineinanderfliessen der kleinen Tropfen sich mit einer fast zusammenhängenden Wasserschichte überziehen.[2])

Electrische Bilder, welche auf zwei Messingplatten erzeugt worden waren, kamen, wie Karsten fand, auch zum Vorschein, wenn die Platten mit den beiden Polen eines Calorimotors leitend verbunden und in eine schwache Kupfervitriollösung gebracht wurden, so dass eine Zersetzung der genannten Lösung eintrat. Am Sauerstoffpole erschien das Bild nur schwach, aber es war wenigstens so viel ersichtlich, dass die den erhabenen Theilen des Objectes entsprechenden Stellen des Bildes stärker angegriffen wurden. Am Wasserstoffpole

---

1) G. Karsten. Ueber Electrische Abbildungen. (Zweite Abh. Pogg. Ann. LVIII. Bd. S. 115.)

2) G. Karsten. Ueber electrische Abbildungen. (Dritte Abh. Pogg. Ann. LX. Bd. S. 1 u. ff.)

dagegen schlug sich das Kupfer an diesen Stellen nieder, und es entstand ein rothes Bild auf gelbem Grunde. Auch durch blosses Eintauchen in eine sehr verdünnte Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd konnte das auf einer Messingplatte erzeugte electrische Bild sichtbar gemacht werden, indem das Silber der Lösung auf den oben genannten Stellen stärker gefällt wurde, als auf den übrigen Theilen der Platte.

Aus der kräftigeren Einwirkung der den erhabenen Theilen entsprechenden Stellen des Bildes auf Wasserdünste und Metallsalze schliesst Karsten, dass durch den Process der Bildererzeugung irgend welche Reinigung der Platte verursacht werde.

Den erwähnten Zeichnungen schloss sich 1846 noch eine Entdeckung von Riess an, die sogenannten electrolytischen Bilder.[1] Wird die stumpfe Spitze einer Platinnadel auf ein mit Jodcaliumlösung befeuchtetes Papier gestellt, das auf einer zur Erde abgeleiteten Metallplatte liegt, so entsteht unter der Spitze ein brauner Fleck, wenn man die Nadel positiv, aber kein Fleck, wenn man sie negativ electrisirt. Durch aufeinanderfolgende Anwendung von positiver und negativer Electricität in beliebiger Ordnung bleibt dennoch die Färbung durch positive Electricität zurück; auch dann, wenn die Menge der negativen Electricität bei Weitem überwiegend ist gegen jene der positiven.

So wurde den Lichtenberg'schen Figuren im Verlaufe der Zeit eine Reihe von Experimenten an die Seite gestellt, welche mit Einschluss der bereits früher entdeckten Priestley'schen Ringe alle das Gemeinsame hatten, entweder unmittelbar oder mittelbar eine sichtbare und längere Zeit andauernde Spur der Electricität zu erhalten.

Im Jahre 1846 legte Riess der Berliner Academie der Wissenschaften eine ziemlich umfangreiche Abhandlung vor, in welcher nebst historischen und kritischen Bemerkungen eine Reihe von theils neuen, theils abgeänderten Versuchen enthalten sind, die sich auf alle früher genannten Arten von electrischen Zeichnungen beziehen.[2] Von diesen Versuchen beschäftigten sich 6 unmittelbar mit den Staubfiguren, 8 mit den Staubbildern, 6 mit den Hauchfiguren und 10 mit den Hauch-

1) Riess. Electrolytische Figuren. (Pogg. Ann. LXVII. Bd. S. 135.)

2) Riess. Ueber electrische Figuren und Bilder. In den Abhandlungen der k. Acad. d. Wissensch. zu Berlin. Aus dem Jahre 1846. S. 1—50.



bildern, ferner 2 mit den electrolytischen Bildern. Ausserdem enthält diese Schrift eine kurze Bemerkung über unechte Hauchbilder, eine Classification der electrischen Zeichnungen und eine neue Erklärung der Formverschiedenheit positiver und negativer Staubfiguren.

Die Resultate dieser Arbeit sind folgende. Zunächst wird nochmals mit Bestimmtheit der electrische Zustand der Harzfläche an der die Figur bildenden Stelle dargethan. Auf den gegenüber liegenden Flächen einer beiderseitig mit schwarzem Pech überzogenen Kupferplatte wurde die gleichzeitige Bildung beider Arten von Figuren veranlasst. Durch Vorüberführen je einer der beiden Flächen an einer Weingeistflamme verlor die von der Flamme getroffene Stelle die Fähigkeit, die Staubtheilchen des Villarsy'schen Gemenges anzuziehen, während die gegenüber liegende Fläche diese Eigenschaft nicht einbüsste. Um beiden Flächen die Fähigkeit zu benehmen, nach der Electrisirung Figuren zu bilden, müssen auch beide an der Flamme vorübergeführt werden.

Weiters hat Riess durch zwei sich gegenseitig controlirende Versuchsmethoden gezeigt, dass unter sonst gleichen Umständen der Flächenraum der positiven Figur ungefähr siebenmal grösser ist als jener der negativen.

Von den ferneren Untersuchungen, welche sich mit den anderweitigen electrischen Zeichnungen beschäftigen, mögen diejenigen Ergebnisse hervorgehoben werden, welche für die Theorie der Staubfiguren von unmittelbarem Interesse sind. Bei Anwendung von positiver Electricität sind die Staubbilder roth, bei Anwendung von negativer Electricität gelb gefärbt. Der electrische Zustand der von den erhabenen Theilen des Stempels oder der Münze berührten Stellen ist also entgegengesetzt dem electrischen Zustande des angewendeten Modells. Diesen im Vergleiche zu den Staubfiguren wichtigen Unterschied erklärte Riess dadurch, dass die dem Stempel mitgetheilte Electricität durch Influenz an der Oberfläche der Platte die ihr entgegengesetzte Electricität erregt und zwar am stärksten dort, wo sie der Harzfläche am nächsten ist, also an den von den erhabenen Theilen des Stempels berührten Stellen, und wo die Electricität selbst am stärksten auftritt, also an den Rändern. Unter gewöhnlichen Umständen treten Bilder und Figuren gleichzeitig auf, da der Uebergang der Electricität auf die Harzfläche nicht ganz zu verhindern ist. Voll-

kommen reine Bilder erhielt Riess unter dem Recipienten der Luftpumpe bei einer Verdünnung bis auf drei Linien Druck.

Auf Grund dieser und anderer Erfahrungen, welche Riess bei Gelegenheit seiner Untersuchungen über die electrischen Staubbilder gemacht hatte, sucht derselbe die älteren Hypothesen, womit die Verschiedenheit der entgegengesetzt electrischen Figuren bis dahin erklärt wurde, zu wiederlegen. Bei allen Versuchen verging eine Minute oder mehr, ehe die Pechplatte nach Abnahme des Stempels bestäubt wurde, und dennoch zeigten sich gleiche und gleich scharfe Bilder, von welcher Electricitätsart sie auch herrühren mochten. Nirgends fand sich in dem eigentlichen Bilde eine strahlige Ausbreitung der positiven oder eine rundliche der negativen Electricität, nirgends waren die geraden Linien der Umrisse im geringsten gestört. Hieraus folgert Riess: Wären die Formverschiedenheiten der beiden Staubfiguren Eigenthümlichkeiten der beiden Electricitätsarten, so hätte sich hier die Neigung zu denselben zeigen müssen; würde eine Electricitätsart von der Luft oder der isolirenden Platte besser geleitet als die andere, wie Trémery annahm, so hätte sich ein solcher Unterschied in verzerrten Dimensionen der Bilder bemerkbar gemacht.

Riess gelangte nun zu dem Schlusse: Electrische Staubfiguren entstehen nur dann, wenn Electricität durch eine discontinuirliche Entladung an eine isolirende Platte gekommen ist. Das Medium wird daher auf dem Wege der Entladung mit Heftigkeit nach allen Seiten fortgeschleudert. Aus Faraday's Versuchen lässt sich nun folgern, dass die isolirende Platte durch die mit den ersten Partialentladungen gegen sie getriebene feuchte Luft negativ electrisirt wird. Auf einer an und für sich electrischen Platte muss sich aber die nachströmende Electricität verschieden ausbreiten, je nachdem sie selbst positiv oder negativ ist. Im ersten Falle wird ein leichtes Ausbreiten stattfinden, im letzteren aber ein Zurückdrängen und Eindämmen.

So liesse sich in der That die grössere Ausdehnung der positiven Figur gegenüber der negativen erklären. Riess sucht hierin auch den Grund der Formverschiedenheit, was jedoch nicht so leicht einzusehen ist.

Im Jahre 1856 sind zwei Abhandlungen, welche in dieses Gebiet gehören, zu verzeichnen.

Die erste von Professor R. Böttger enthält Anweisungen zur Erzeugung von Staubfiguren in verschiedenen Farben auf Scheiben,

die aus weissem, rothem oder schwarzem Siegellack bestehen, und hat vielmehr eine technische als theoretische Bedeutung.[1])

Die zweite von Dr. J. Schneider[2]) beschäftigt sich nochmals mit den schon früher erwähnten, von Plücker angegebenen Experimenten und mit einigen den Lichtenberg'schen Figuren verwandten atmosphärischen Erscheinungen, deren Aufnahme über den Rahmen dieser Schrift hinausgehen würde. In Bezug auf den ersten Gegenstand ist zu bemerken, dass Schneider mit mehr Klarheit, als er dies in seiner Dissertation gethan hat, das Experiment und die dabei erhaltenen Figuren beschreibt, ohne aber diesmal eine Abbildung zu geben.

Er hebt dabei hervor, es könne die negative Figur sich ebensowohl in strahligen Verästelungen darstellen, als die positive. Es sei demnach unrichtig, wenn man, wie es in der Regel geschieht, als Unterscheidung der positiven von den negativen Figuren angibt, dass sich jene im Gegensatz zu diesen in strahligen Formen ausprägen. Die Aeste seiner negativen Figur sind aber, sowohl der Zahl als der Form nach, besonders in den beschriebenen Einfassungen von jenen der entsprechenden positiven Figur verschieden.

Für eine Wiederholung des Experimentes dürfte es von Interesse sein, zu hören, was Schneider weiter erzählt.

Als ihm Plücker seine neue Methode mittheilte, stellte er mit demselben Apparate, dessen sich der Entdecker bedient hatte, genau nach Angabe eine Reihe von Versuchen an, ohne jedoch die Figuren in ihrer Vollkommenheit zu erhalten. Er bekam als negative Figur stets um den Knopf des Entladers rundliche fast kreisförmige Gestalten, aus denen aber durchaus keine Strahlen oder Aeste hervorbrachen. Auch die Wiederholung mit einem andern Apparate und die Erfüllung voraussichtlich günstiger Bedingungen ergab dasselbe Resultat. Erst als die früher immer gebrauchte Vorsicht, die Glastafel zu reinigen, einmal zufällig vernachlässigt wurde, gelang das Experiment vollkommen.

---

1) Rudolph Böttger. Erzeugung electrischer (sogen. Lichtenberg'scher) Staubfiguren in grösster Vollkommenheit und in verschiedenen Farben. (Pogg. Ann. XCVIII. Bd. S. 170.)

2) Dr. Jac. Schneider. Ueber electrische Figuren, mit Rücksicht auf verwandte Erscheinungen des electrischen und magnetischen Gewitters. (Phys. Abh. zum Programm des k. Gymnasiums zu Emmerich 1855/56.) — Ueber einige electrische Meteore. (Pogg. Ann. XCVIII. Bd. S. 324.)



Eine Nachforschung in dieser Richtung führte darauf, dass das Vorhandensein einer dünnen Staubschichte auf der Glastafel vor dem Laden für das Gelingen des Experimentes wesentlich sei; mit Berücksichtigung dieses Umstandes misslang später kein einziger Versuch.

Nach Schneider ist die Ursache des Entstehens dieser Art von Figuren in einer Electrisirung der Glastafel zu suchen. Hat die Oberfläche des Glases eine hinlängliche Menge positiver oder negativer Electricität angenommen, so wird dadurch der aufschlagenden ungleichnamigen Electricität nach allen Seiten gleichsam der Weg gebahnt. Die Wirkung der Staubschichte besteht nun nach seiner Auffassung darin, dass sie den Uebergang der Electricität der Metallplatte auf die von ihr berührte Glasfläche vermittelt.

Der von Riess ausgesprochene Satz: Electrische Staubfiguren entstehen nur dann, wenn Eelectricität durch eine discontinuirliche Entladung an eine isolirende Platte gekommen ist, so wie die von ihm gegebene Erklärung, wie eine solche discontinuirliche Entladung die Formverschiedenheit der positiven und negativen Figur verursache, veranlasste Dr. Reitlinger in Wien, eine Reihe von Versuchen anzustellen, deren Ergebnisse in einer im Jahre 1860 veröffentlichten Abhandlung niedergelegt sind.[1]) Diese Versuche wurden nicht wie bei den vorher mitgetheilten Untersuchungen mit der ursprünglich durch Reibung erzeugten Electricität, sondern mit dem Ruhmkorff'schen Inductionsapparate ausgeführt.

Eine Metallspitze, welche mit dem äusseren Pole der Inductionsrolle eines gewöhnlichen Ruhmkorff-Apparates in leitender Verbindung stand, sonst aber isolirt war, wurde während der Wirksamkeit des Apparates einem Harzkuchen genähert. Bestäubt man eine in solcher Weise gebrauchte Harzscheibe nachher mit dem Villarsy'schen Gemenge, so entstehen ebenfalls Staubfiguren, welche zwar im Allgemeinen complicirt ausfallen, bei bestimmter Entfernung der Spitze von der Harzplatte aber vollkommen rein erhalten werden können. Ist nämlich die Spitze mit der Platte in Berührung und der inducirende Strom so geschlossen, dass die Spitze an einem Electroscope Anzeigen von positiver Electricität gibt, so erhält man eine gelbe, sonnenähnliche Figur mit einem unbestäubten Kreise im Innern, der einen

1) Dr. Edm. Reitlinger. Zur Erklärung der Lichtenbergischen Figuren. (Sitzb. der kais. Acad. d. Wissensch. zu Wien. XLI. Bd. S. 358—376.)



kleinen rothen Kreis concentrisch einschliesst, also eine vorwiegend positive Staubfigur. Die entgegengesetzte Schliessung liefert einen rothen Ring, der aussen noch von kurzen Strahlen umgeben ist und im Innern eine gelbe von unbestäubten Rändern begrenzte Figur einschliesst, deren Strahlen sich theils in gerader Linie vom Centrum entfernen, theils von der geraden Linie abgelenkt das Centrum in sich erweiternden Kreisen umwinden. Diese Complicationen werden hier, wie leicht einzusehen ist, durch die Intermittenz des Stromes bewirkt, ähnlich wie bei den früher erwähnten Methoden die ableitende Berührung während der Abnahme des Leiters die Bildung der Kerne zur Folge hat.

Reine positive und negative Figuren erhält man, wenn die Drahtspitze gerade so hoch über der Platte aufgestellt wird, dass nur mehr die durch den Oeffnungsstrom erzeugte Spannungs-Electricität des Poles den Zwischenraum überspringen kann.

Dr. Reitlinger erblickt in dieser Thatsache eine Bestätigung der Poggendorff'schen Theorie des Inductions-Apparates.[1] Die reinen Figuren werden folgendermaassen beschrieben. Bei positiver Electricität erhält man einen gelben Stern mit aus dem Centrum nach allen Seiten geradlinig sich entfernenden Strahlen, deren gelber Staub nicht in der Mitte selbst, sondern in einem das Centrum umschliessenden Kreise die grösste Dichtigkeit besitzt. Bei negativer Electricität bekommt man eine rothe Scheibe, deren Staub ebenfalls nicht im Centrum, sondern in einem dasselbe umschliessenden Kreise am dichtesten gelagert ist. Da bei gleicher Dauer der electrischen Einwirkung der Drahtspitze die einzelnen Dimensionen der mit dem Ruhmkorff-Apparate erhaltenen Figuren bei wiederholter Schliessung derselben Kette nahezu gleich sind, so ist diese Electricitätsquelle für gewisse Versuche besonders gut geeignet.

Unter Anwendung dieses neuen Hilfsmittels wiederholte nun Reitlinger zunächst die schon von Lichtenberg und später von Riess angestellten Versuche, Staubfiguren im luftverdünnten Raume zu erzeugen. Während Lichtenberg, wie schon erwähnt, nebst der Vergrösserung ein Aehnlichwerden der positiven und negativen Figur fand, gibt Riess an, bei starker Verdünnung der Luft (bis

1) J. C. Poggendorf. Beitrag zur Kenntniss der Inductions-Apparate und deren Wirkungen. (Pogg. Ann. XCIV. Bd. S. 289 u. ff.)

auf 2—3 Lin. Druck) keine Art von Zeichnung mehr bekommen zu haben. Die Drahtspitze hinterliess nur einen Punct auf der Pechfläche, der bei positiver Electricität roth, bei negativer gelb gefärbt war und nach Riess als durch Influenzelectricität gebildet erklärt werden müsse.

Reitlinger legte der von Lichtenberg angedeuteten Vergrösserung eine höhere Bedeutung bei und constatirte das wichtige Gesetz, dass sich sowohl die positive als negative Staubfigur im luftverdünnten Raume in ihrem Umfange wie auch in allen einzelnen Theilen ausbreite, und dass die Vergrösserung im umgekehrten Verhältnisse zum Barometerstande oder im geraden Verhältnisse zur Luftverdünnung stehe. Die veröffentlichten Beobachtungsresultate zeigen zwar eine nicht unbedeutende Fehlergrenze, doch lässt sich das Gesetz recht gut erkennen. Aus dem Reitlinger'schen Gesetze der Vergrösserung geht aber zugleich hervor, dass man sehr leicht zu irrigen Schlüssen verleitet werden könne, wenn man gleich eine zu starke Verdünnung in Anwendung bringt, indem der innere von den Strahlen eingeschlossene Kreis bereits eine Ausdehnung erlangen kann, welche die Grösse der Harzplatte überschreitet. Dass Aehnliches bei den Versuchen von Riess eingetreten sei, lässt sich aber umsomehr annehmen, als derselbe ziemlich kleine Harzplatten benütze. Es erklärt sich nun auch ganz leicht, warum Riess bei grosser Luftverdünnung reine Staubbilder ohne Beimengung von Staubfiguren erhalten konnte.

Das Reitlinger'sche Gesetz, welches die Abhängigkeit der Grösse der Staubfiguren von der Luftverdünnung ausspricht, ist genau dasselbe, welches Snow Harris für die Vergrösserung der Schlagweite bei Luftverdünnung fand. Da die Schlagweiten auch in verschiedenen Gasen verschieden sind, so lag die Vermuthung nahe, dass auch die Staubfiguren in Gasen von verschiedener materieller Beschaffenheit Unterschiede in Form und Grösse zeigen würden, und zwar stand zu erwarten, dass die Grösse der Figuren jener der Schlagweiten, ebenso wie bei der Luftverdünnung, proportional sein werde. In der That fand Reitlinger bei Versuchen mit getrocknetem Wasserstoffgas, welches nach Faraday im Vergleiche zu gewöhnlicher Luft die auffallendste Vergrösserung der Schlagweite zeigt, diese Vermuthung bestätigt. Selbst nach einer anderen Seite liess sich eine Uebereinstimmung der beiden Erscheinungen erkennen. Die Lichten-

berg'schen Figuren sind unter sonst gleichen Umständen nicht nur grösser als in atmosphärischer Luft, sondern auch regelmässiger, reicher und in ihrem positiven Theile bei Weitem verästelter. Die auffallend schön geformten gelben Verästelungen bieten einen prachtvollen Anblick dar und erinnern an die sehr schönen Verästelungen des electrischen Büschels, deren Faraday erwähnt.[1])

Aus der Uebereinstimmung, welche die Staubfiguren mit den unter ähnlichen Verhältnissen auftretenden electrischen Lichterscheinungen zeigen, schloss nun Reitlinger, dass die Lichtenberg'schen Figuren auf indirecte Weise die Art der Bewegung der electrisirten Lufttheilchen sichtbar machen, welche, wie Plücker bei anderer Gelegenheit nachwies, in der That verschieden ist, je nachdem die Lufttheilchen von einem positiv oder negativ electrisirten Leiter fortgeführt werden.

Reitlinger begnügte sich jedoch nicht mit blossen Analogien, sondern suchte die Frage mit Evidenz zu entscheiden. Da Poggendorff electrische Lichterscheinungen unter ähnlichen Bedingungen erzeugt hatte, unter welchen Lichtenberg'sche Figuren entstehen,[2]) so ist es vor allem nothwendig, diese zu berücksichtigen.

Poggendorff legte eine Glasplatte auf eine Metallscheibe, die mit einem Pole des Inductions-Apparates in Verbindung stand, und näherte eine mit dem anderen Pole verbundene Drahtspitze der unbelegten Fläche des Glases. War die Spitze bis auf einige Linien der Glastafel nahe gebracht, so ging ein ununterbrochener schwach leuchtender Funkenstrom auf dieselbe herab. Bei einer weiteren Annäherung der Spitze, etwa bis auf ein Viertel einer Linie, wurden die Funken nicht nur heller, sondern sie zerstoben auch auf dem Glase nach allen Richtungen, dabei eine fein geäderte Figur erzeugend, ähnlich der Lichtenberg'schen Figur von positiver Electricität gebildet. Zwar konnte Poggendorff keinen Unterschied in der Gestalt beobachten, wenn der inducirende Strom einmal in der einen, das zweite Mal in der entgegengesetzten Richtung geschlossen war, sondern bloss eine grössere Ausdehnung der Figur bei Positivität der Spitze; allein nach den früher erwähnten Versuchen Reitlinger's

1) Faraday. Experimental researches in electricity. al. 1459.

2) J. C. Poggendorff. Beitrag zur Kenntniss der Inductions-Apparate und deren Wirkungen. (Pogg. Ann. XCIV. Bd. S. 289 u. ff.)



hätte er, bei dieser Annäherung der Spitze, auch auf dem Harzkuchen die zwei gemischten Figuren erhalten müssen, welche beide mit positiven Zacken begrenzt sind.

Aehnliche, hierher gehörige Experimente stellte auch Du Moncel an.[1]) Wenn derselbe zwei mit den Polen seines Ruhmkorff-Apparates verbundene Drahtspitzen einer Wasserfläche so weit näherte, dass ein continuirlicher Funkenstrom überging, so sah er an den Polen zwei der Grösse und Gestalt nach verschiedene Lichterscheinungen. Du Moncel fügte der Veröffentlichung seiner Versuche die Abbildung dieser Erscheinungen bei, ohne jedoch eine nähere Beschreibung derselben zu geben oder sich auf eine Vergleichung mit den Staubfiguren einzulassen.

Reitlinger, welcher durch wiederholte Versuche mit allen einzelnen Theilen der vom Ruhmkorff-Apparate erzeugten gemischten Staubfiguren, mit ihren je nach den Polen völlig characterisirten Eigenthümlichkeiten und ihren relativen Grössen so vertraut geworden, erkannte alsbald in den genannten Abbildungen die Identität der Lichterscheinungen Du Moncel's mit den Lichtenberg'schen Figuren. Indem er dessen Versuche wiederholte, überzeugte er sich, dass man bei passend gewählter Entfernung der Spitzen von der Wasserfläche den reinen Character positiver oder negativer Figuren auch in diesen Lichterscheinungen erhalten kann. Am negativen Pole sieht man einen kleinen Lichtkegel, der mit runder Basis auf der Wasserfläche aufsteht, am positiven Pole lebhaft niederfahrende, an verschiedenen Puncten eines kleinen Kreises das Wasser treffende Funken, die in fein geäderte Figuren zerstieben, welche astförmig sich radial vom Mittelpuncte des der Spitze gegenüber liegenden kleinen Kreises entfernen. Diese Versuche waren von ähnlichem günstigen Erfolge begleitet, als die beiden Pole des Ruhmkorff-Apparates durch die beiden Conductoren einer Winter'schen Electrisirmaschine ersetzt wurden.

Durch die von Reitlinger modificirten Versuche Du Moncel's ist die Giltigkeit der Hypothese, welche Riess über die Entstehungs-

1) Notice sur l'appareil de Ruhmkorff par le Vicomte Theodor du Moncel. IV. ed. Paris, 1859. — Ruhmkorff's Inductions-Apparat und die damit anzustellenden Versuche. Nach dem französischen Original des Herrn Theodor du Moncel mit dessen Autorisation bearbeitet von Dr. C. Bromeis und J. F. Bokkelmann. Frankfurt a. M. 1857. (Die Figuren befinden sich auf S. 39.)

weise positiver und negativer Staubfiguren aufgestellt hat, mehr als zweifelhaft geworden, da bei demselben die Electricität auf Wasser übergeht. Auch alle anderen Versuche, welche Reitlinger unternahm, sprechen nicht dafür, dass die Formverschiedenheit beider Arten von Figuren in der negativen Electrisirung der die Figur bildenden Fläche durch feuchte Luft zu suchen sei. In einem abgesperrten, mit wohlgetrockneter Luft erfüllten Raume liessen sich die Staubfiguren ebenso deutlich characterisirt herstellen, als bei den besten Experimenten in gewöhnlicher Luft

Da Riess seine Theorie auch auf den Lullin'schen Durchbohrungsversuch anwendete, so sah sich Reitlinger veranlasst, auch für dieses Experiment einen Anhaltspunct zur Widerlegung zu gewinnen. Bediente er sich beim Experimente eines mit einer Schichte flüssigen Terpentins bedeckten Kartenblattes, so fand auch hier wie gewöhnlich die Durchbohrung an der negativen Spitze des Ruhmkorff-Apparates Statt, und doch hätte, wie sich aus Faraday's Resultaten über die Electricitätserregung schliessen lässt, nach der Erklärung, die Riess gibt, eine Umkehrung der Erscheinung eintreten müssen.

Plücker hatte, wie schon früher bemerkt wurde, die Verschiedenheit der Bewegung electrisirter Theilchen des Mediums der Entladung an beiden Electroden dargethan.[1]) Aus einer grossen Anzahl von höchst interessanten Beobachtungen über die Einwirkung des Magnets auf die electrische Entladung in gasverdünnten Räumen zog er den Schluss, dass die positive Electricität es sei, welche den Weg bis zur negativen Electrode mache und hier die Ausgleichung bewirke. Hierauf basirt gibt Reitlinger im Zusammenhange mit den von ihm gemachten Erfahrungen folgende Erklärung über die Formverschiedenheit ungleichnamiger Lichtenberg'scher Figuren. Indem die Theilchen, welche positive Electricität übertragen, mit der ihnen zukommenden, gegen die negative Electrode gerichteten Bewegung von einer Spitze schief gegen eine Harzfläche ankommen, streifen sie vermöge der zu dieser Fläche parallelen Bewegungscomponente noch ein Stückchen an derselben fort und entfernen sich demnach radial von dem der Spitze gegenüberliegenden Puncte. Die negativ electrisirten Theilchen, die

1) Plücker. Fortgesetzte Beobachtungen über die electrische Entladung in gasverdünnten Räumen. (Pogg. Ann. CVII. Bd. S. 77—113.)



keine eigene Bewegung besitzen, dehnen sich um die Spitze herum in einem Kreise aus.

Zu ähnlichen Resultaten gelangte Reitlinger auch in seiner späteren Arbeit über den Lullin'schen Versuch[1]), so dass er sich veranlasst sah, in einem im Wiener Vereine zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse gehaltenen „Montags-Vortrage" die von Riess aufgestellte Ansicht über die Verschiedenheit der positiven und negativen Staubfigur nochmals zu widerlegen.[2])

Eine fernere Reihe von Experimenten über die Lichtenberg'schen Figuren in verschiedenen Gasen führte zu folgenden Ergebnissen.[3]) Die linearen Dimensionen der in Luft, Wasserstoff, Sauerstoff und Kohlensäure erzeugten Staubfiguren verhalten sich wie die Schlagweiten in diesen Gasen, wenigstens so weit man es durch die Angaben Faraday's über die Schlagweiten, die grosse Fehlergrenzen haben, prüfen kann. Die Configuration, namentlich der positiven Figur, ist in jedem der vier genannten Gase verschieden und stimmt auffallend genau mit den Angaben Faraday's bezüglich des electrischen Lichtbüschels in den betreffenden Gasen überein. Das Grössenverhältniss der positiven und negativen Figur in diesen vier Gasen entspricht genau dem Grössenverhältnisse der positiven und negativen Lichtbüschel, wie sie Faraday für die vier Gase angibt.

Etwa einen Monat nach der Bekanntmachung der letzterwähnten Untersuchungen Reitlinger's zeigte Riess, dass auch die Priestley'schen Ringe, von denen bis dahin eine Verschiedenheit, je nach der Richtung des sie bildenden Funkenstromes, nicht erkannt worden war, dennoch einen Unterschied bemerken lassen, also in positive und negative Ringfiguren nicht blos nach der Art ihrer Erzeugung, sondern nach bleibend sichtbaren Merkmalen zerfallen.[4]) Um einen

1) Dr. E. Reitlinger. Zur Erklärung des Lullin'schen Versuches und einiger anderer Artunterschiede der positiven und negativen Electricität. (Sitzb. d. k. Acad. d. Wissensch. zu Wien. LI. Bd. S. 759 u. ff.)

2) Ueber die Artunterschiede der positiven und negativen Electricität. Von Dr. E. Reitlinger. Vortrag geh. am 21. und 28. Jänner 1861. — Abgedruckt in den Schriften des Vereines zur Verbreitung naturwissensch. Kenntnisse in Wien I. Bd. Seite 151—190.

3) Dr. E. Reitlinger. Vorläufige Note über Lichtenberg'sche Figuren in verschiedenen Gasen. (Sitzb. der kais. Acad. der Wissensch. LIII. Bd S. 26.)

4) Riess. Ueber electrische Ringfiguren. Abhandl. d. k. Acad. d. Wissensch. zu Berlin. 1861. S. 32. — Abhandlungen zu der Lehre von der Reibungselectricität. Von P. Th. Riess. Berlin, 1867. S. 248—286.

solchen Unterschied zu erhalten, ist die Einschaltung eines Widerstandes in den Schliessungsbogen erforderlich. In dieser Weise erhielt Riess unter der positiven Electrode (einer Stahlnadel, die mit der positiv electrischen Belegung der angewendeten Leydenerflasche verbunden war) eine Ringfigur, welche aus einem gefärbten, nicht kreisrunden Kranze bestand, der eine blanke Fläche mit dunklem Mittelpuncte einschloss; Riess nennt sie die negative Ringfigur. Unter der negativen Electrode war eine Ringfigur entstanden, aus einer schwarzen, völlig kreisrunden Scheibe bestehend, und umgeben von einem schmalen blanken Ringe, der durch einen dunklen Kreis vom Grunde getrennt war; diese Zeichnung ist der obigen Benennung gemäss die positive Ringfigur. Von den Staubfiguren heisst die unter einer positiv electrischen Spitze gebildete die positive, die unter der negativ electrischen Spitze auftretende die negative; dies ist zu beachten, wenn man die Ringfiguren mit den Staubfiguren vergleichen will. Die von Riess gewählte Bezeichnung wird von ihm dadurch gerechtfertigt, dass die Stelle einer Platte, zu der positive Electricität von einer Spitze durch die Luft übergeht, die negative Electrode bildet, während die Stelle der Platte, von welcher positive Electricität zu einer Spitze geht, die positive Electrode ist.

Auf die Mannigfaltigkeit der Farbe, welche die Ringe auf verschiedenen Metallen, wie durch Variation des Versuches und durch verschiedene Dauer der Einwirkung annehmen, kann hier nicht eingegangen werden. Was hervorgehoben werden muss, ist, dass Riess die Erklärung Priestley's und Nobili's, zufolge welcher die unzweifelhafte Oxydation der Metallplatte, welche die Entstehung der Ringfiguren bedingt, der durch den Funkenstrom an dessen Eintrittsstelle im Metalle erregten Wärme zuzuschreiben wäre, nach seinen Erfahrungen nicht zulassen will, sondern zu beweisen sucht, dass die Ringe durch Ozonisirung der Luft zu erklären seien.

Mit der Annahme eines electrochemischen Processes, der übrigens in diesem Falle kaum bezweifelt werden dürfte, ist allerdings schon eine Verschiedenheit der Veränderung auf der Oberfläche des Metalls, je nach der Polarität der betreffenden Stellen erklärbar; minder leicht ist es, ohne Zuhilfenahme einer andern Ursache die Formverschiedenheit der Figuren einzusehen. Um auch diese erklären zu können, sieht sich Riess genöthigt, die schon von Reitlinger angeführte und mit den Lichterscheinungen Du Moncel's im Zusammenhange

stehende Bewegung electrisirter Luft zu Grunde zu legen, doch verharrt er auch hier bei der negativen Electrisirung der Platte (?) durch die mit jeder Partialentladung gegen sie getriebene feuchte Luft. Es ist demnach das zur Erklärung der Ringfiguren gebrauchte Princip dasselbe, durch welches Riess die Bildung der Staubfiguren begreiflich zu machen versuchte.

Da Riess, ohne auch nur ein einziges Experiment Reitlinger's kritisch zu beleuchten, einfach dessen Erklärung der Staubfiguren in einer Note negirt, so fand sich Letzterer veranlasst, in einer neuen Abhandlung nochmals die einzelnen von Riess ausgesprochenen Sätze zu widerlegen.[1])

Hierauf antwortete Riess abermals und zwar in den Poggendorff'schen Annalen in einem Zusatz zum Auszug seiner Abhandlung über die electrischen Ringfiguren. Diese Antwort ist zwar absprechend, aber nicht entkräftigend.[2])

Bei einer späteren Gelegenheit kam auch Reitlinger wieder auf die Lichtenberg'schen Figuren zurück und führte hiebei einen neuen Versuch an. Lässt man nämlich positive oder negative Electricität aus geringer Entfernung von einer Metallspitze auf die Oberfläche von Olivenöl überspringen, so erhält man Lichtenberg'sche Figuren.[3]) Die positive Figur ist sternförmig gebildet durch Wellenberge, welche unter der Spitze zusammenstossen, die negative Figur zeigt Wellenzüge, die in concentrischen Kreisen die Spitze umschliessen. Die Wellenrichtungen der ersten und zweiten Figur stehen aufeinander senkrecht. Reitlinger erblickt hierin nicht mit Unrecht eine Stütze für seine Ansicht und betont die Wichtigkeit einer richtigen Theorie der Lichtenberg'schen Figuren für electrochemische Fragen.

Mittlerweile wurde eine sehr interessante Arbeit von Prof. Rood in Troy bekannt gemacht[4]). Derselbe photographirte den electrischen Funken in einer von allen vorher angewendeten Methoden abweichenden

1) Dr. Edm. Reitlinger. Erläuterungen über Lichtenberg'sche Figuren. (Sitzb. d. kais. Acad. d. Wissensch. LIII. Bd. S. 531 u. ff.)

2) Pogg. Ann. CXIV. Bd. S. 220.

3) Dr. Edm. Reitlinger und Fr. Kraus. Ueber Brande's electrochemische Untersuchungen. Sitzb. d. kais. Acad. d Wissensch. XLVI. Bd. S. 374.)

4) Silliman Journ. N. S. Vol. 33 pag. 219. — Ueber das Studium des electrischen Funkens mittelst Photographie. Von Prof. O. N. Rood in Troy, Staat Newyork. (Pogg. Ann. CXVII. Bd. S. 595.)

Art und gelangte zu Resultaten, welche für die Theorie der Staubfiguren wichtig sind. Während man nämlich früher immer den Funken rechtwinkelig gegen seine Bewegung photographirte, also eine Seitenansicht desselben bekam, versuchte er eine Aufnahme desselben parallel der Richtung seiner Bewegung zu bewerkstelligen, so dass die erhaltenen Bilder gleichsam Querschnitte der Funken und Büschel sind.

Die Bilder des positiven und negativen Funkens sind wesentlich verschieden und zwar zeigt sich im Allgemeinen bei den ersteren die strahlige Ausbreitung, bei den letzteren die rundliche Abgrenzung, ähnlich wie bei den Staubfiguren.

Im Jahre 1866 hat Dr. A. v. Waltenhofen durch eine Reihe entschieden geglückter Umkehrungen der Durchbohrungsstelle beim Lullin'schen Versuche von Neuem das Interesse für dieses Experiment gesteigert und indem er seine Untersuchungen auf die Lichtenberg-schen Figuren ausdehnte, gelangte er zu dem Schlusse, dass das Reitlinger'sche Erklärungsprincip, wenigstens in Bezug auf die Grössen- und Formverschiedenheit der Staubfiguren Geltung habe.[1]) Wurde das für den Lullin'schen Versuch bestimmte Kartenblatt früher beiderseits mit Substanzen bedeckt, welche nach Faraday's Versuchen über die Electricitätserregung durch feuchten Wasserdampf, dem Wasser beigemischt, die entgegengesetzte Erregung im Vergleiche zu reinem Wasser bewirkten, so trat auch wirklich eine Umkehrung der Erscheinung ein, d. h. die Durchbohrung geschah nun an der positiven Spitze. Ausser den von Faraday benützten Stoffen zeigten noch viele andere Harze, sowie fette und ätherische Oele ein ähnliches Verhalten. Terpentinöl muss nach Waltenhofen ganz rein sein, damit die Umkehrung gelingt; die geringste Veränderung dieses Stoffes hat bereits einen grossen Einfluss, woraus sich erklärt, dass Reitlinger bei dem früher angeführten Experimente die Durchbohrung an der negativen Spitze erhielt.

Nimmt man mit Müller und Anderen an, dass die Substanzen, welche beim Versuche über Electricitätserregung eine Umkehrung zeigen, selbst positiv electrisch werden (hydroelectrisch positive Körper), so erschiene hiedurch die von Riess gegebene Erklärung des Lullin-schen Versuches stichhaltig. Soll aber diese Erklärung, wie Riess

1) Ueber den Lullin'schen Versuch und die Lichtenberg'schen Figuren von Dr. A v. Waltenhofen. (Pogg. Ann. CXXVIII. Bd. S. 589.)

durchführte, auch für die Lichtenberg'schen Figuren gelten, so wäre zu erwarten, dass auf jenen Harzen, welche die Durchbohrung an der positiven Spitze veranlassen, eine grössere Ausbreitung der negativen als der positiven Staubfigur eintreten müsse. Waltenhofen erzeugte von diesem Gesichtspuncte ausgehend Staubfiguren auf Harzplatten von beiderlei Art. Die characteristischen Typen beider Staubfiguren traten jedoch in gleicher Weise auf allen untersuchten Harzen auf, dieselben mochten beim Lullin'schen Versuche ein positives oder negatives Verhalten zeigen. Hieraus schliesst der Genannte, dass ein gemeinschaftliches Erklärungsprincip in der hydroelectrischen Erregung durch eine discontinuirliche Entladung für die Lichtenberg'schen Figuren und den Lullin'schen Versuch nicht Geltung haben könne.

Für den Fall, als die Müller'sche Auffassung nicht die richtige wäre, lassen Waltenhofen's Versuche allein keine Entscheidung zu.

Wie schon erwähnt wurde, sprach Deluc den Satz aus, dass electrische Staubfiguren nur auf der Oberfläche isolirender Körper entstehen können. Die Richtigkeit dieses Satzes schien unzweifelhaft zu sein, denn die auf einen Leiter übergegangene Electricität breitet sich augenblicklich auf demselben aus, es mag dieser Uebergang in einer noch so bestimmten und charakteristischen Form stattgefunden haben, und das aufgestreute Pulver findet eine Stelle, an der es stärker haften könnte, als an allen andern.

Prof. August Kundt hat aber im Jahre 1869 gezeigt[1]), dass sich unter gewissen Umständen auch auf einem Leiter electrische Staubfiguren bilden, welche insoferne den Lichtenberg'chen Figuren verwandt sind, als sie durch zurückbleibende Electricität verursacht werden. Sie unterscheiden sich aber von den auf Isolatoren erzeugten Staubfiguren dadurch, dass sie eine geringere Abhängigkeit von der Art der angewendeten Electricität besitzen.

Man erhält dieselben im Allgemeinen immer, wenn irgend eine electrische Entladung zwischen zwei Electroden vor sich geht, von denen die positive eine horizontale mit Lycopodium oder irgend einem schlecht leitenden Pulver bestäubte, leitende Platte, die negative keine derselben gegenüberstehende Kugel oder Spitze ist. Versucht man das aufgestreute Pulver nach der Entladung von der Platte leicht

2) Aug. Kundt. Ueber eine noch nicht beobachtete electrische Staubfigur. (Pogg. Ann. CXXXVI. Bd. S. 612.)

wegzublasen, so bleibt dasselbe blos an derjenigen Stelle haften, welche der Kugel oder Spitze gegenüberstand und bildet daselbst eine scharf begrenzte Kreisfläche, während es sich von den übrigen Stellen leicht entfernen lässt.

Diente hingegen die Platte als negative Electrode, so erhält man blos unter besonderen Bedingungen eine Staubfigur. Diese positive Figur erscheint aber ebenfalls in Gestalt eines Kreises, wie die negative, somit wäre eine Formverschiedenheit zwischen den ungleichnamigen Figuren dieser Art nicht vorhanden.

Die Grösse des Staubkreises variirte bei Kundt's Versuchen, je nach den sie begleitenden Umständen, zwischen 10 und 200^{mm}. Unter gleichbleibenden Bedingungen ist sie jedoch so constant, dass den Resultaten der Messung solcher Staubkreise eine practische Bedeutung für das Studium der Electricitätsentladung zuerkannt werden muss.

Das Haften des Pulvers erklärt Kundt durch die Electricität, welche in dem isolirenden Pulver nach dem Versuche zurückbleibt; die Form dieser Staubfiguren lässt er aber unerklärt.

In jüngster Zeit hat Professor v. Bezold in München mehrere in dieses Gebiet fallende Abhandlungen veröffentlicht.

Die erste enthält eine neue Methode, Staubfiguren zu erzeugen.[1] Schon Du Moncel hat gezeigt, dass zwischen zwei einseitig belegten Glasplatten, deren unbelegte Flächen einander genähert wurden, eigenthümliche Lichterscheinungen zu beobachten sind, wenn die Belegungen mit den Polen eines in Thätigkeit befindlichen Ruhmkorff-Apparates in Verbindung stehen.[2] Liegen die Glastafeln horizontal und sind sie einander genügend nahe gebracht, so werden Metallfeilspäne, welche man auf die untere Tafel gestreut hatte, zwischen beiden herumgeschleudert.

Bezold ersetzte das Metallpulver durch Bärlappsamen und erhielt so die erwähnten Staubfiguren. Die mit dem negativen Pole verbundene Platte war mit kleinen Kreisen bedeckt, welche sich als staubleere Flächen lebhaft von dem dicht bedeckten Grunde abhoben; bei manchen derselben befand sich in der Mitte ein kleines Häufchen

1) W. v. Bezold. Ueber eine neue Art electrischer Staubfiguren. (Sitzb. d. k. bayer. Acad. d. Wissensch. 1869. II. S. 145 u. ff.)

2) Ruhmkorff's Inductions-Apparat etc. Deutsch von Dr. C. Bromeis und J. F. Bockelmann. S. 56 u. ff.)



Staub. Die mit dem positiven Pole in Verbindung gebrachte Platte zeigte gar keine staubfreien Stellen, sondern nur kleine solide Kreise und darüber Sternchen. Es wird noch bemerkt, dass die Figuren einen ganz verschiedenen Character annehmen, je nachdem man einen oder mehrere Entladungsschläge durch das System gehen lässt.

In der II. Abhandlung gibt Bezold an, dass man jene Figuren, welche er zuerst nur durch eine Reihe von Schlägen erhielt, auch mit einem einzigen hinreichend verstärkten Entladungsschlage herstellen könne.[1] Es gelang seinen weiteren Bemühungen, auch mit dem Ruhmkorff nach der gewöhnlichen Lichtenberg'schen Darstellungsweise alle Uebergangsfiguren seiner Methode herzustellen. Dabei zeigte sich, dass diese Figuren einen vollkommen verschiedenen Character annehmen, je nachdem eine einfache oder alternirende Entladung eintrat. Wenn aber Bezold meint, die bei der alternirenden Entladung erhaltenen Figuren seien ihrer Gestalt nach neu, so irrt er, denn sie wurden schon von Reitlinger dargestellt und beschrieben, wie man aus der Wiedergabe seiner Schilderung (S. 366 und 367 dieser Abhandlung) sieht. Reitlinger's hierauf bezügliche Arbeiten scheinen Bezold damals nicht bekannt gewesen zu sein, sowie auch Lichtenberg's Anweisung Staubfiguren zu fixiren; er hätte sich sonst manches, was ihm zu finden gelang, leichter erwerben können.

Die verschiedenen Versuche, durch welche Bezold nachweist, dass einfache Entladungen auch einfache Figuren liefern, während alternirende Entladungen verwickelte, also zugleich positive und negative Figuren geben, können demnach nur mit ihrem Detail interessiren. Wichtiger erscheint hingegen die wirkliche Abbildung der fraglichen Staubfiguren, welche Bezold, nebenbei bemerkt, später mit Villarsy'schen Gemenge herstellte, und zwar durch nachträgliches Aufstreuen, nachdem die Influenzentladung zwischen den Glasplatten bereits vor sich gegangen war. Ein bedeutendes Interesse hat auch der Vorschlag, diese Staubfiguren umgekehrt zur Prüfung der Art der Entladung anzuwenden.

In der dritten Reihe von Untersuchungen[2] hat Bezold selbst

---

1) W. v. Bezold. Electrische Staubfiguren als Prüfungsmittel für die Art der Entladung. (Sitzb. d. k. bayer. Acad. d. Wissensch. 1869. II. S. 371.)

2) W. v. Bezold. Untersuchungen über die electrische Entladung. (Sitzb. d. k. bayer. Acad. d. Wissensch. 1870. I. S. 113 u. ff.)



den schönsten Gebrauch hievon gemacht und damit zugleich dargethan, dass die Bedeutung, welche man den Staubfiguren vor einem Jahrhundert zugesprochen hat, keineswegs ungerechtfertigt war.

Eine vierte, gegen Ende des Jahres 1872 veröffentlichte Abhandlung, in welcher bereits einigermaassen der auf den untersuchten Gegenstand bezüglichen Literatur Rechnung getragen wird, beschäftigt sich mit dem Studium der Abhängigkeit der Staubfiguren von den verschiedenen die Bildung derselben begleitenden Umständen.[1]. Bei den Experimenten, welche hier zu Grunde gelegt werden, benützte Bezold meist einseitig belegte Ebonitplatten.

Betreff der Abhängigkeit der Figuren von der Art der Entladung findet derselbe, dass die positiven Figuren aus vielen geradlinigen Strahlen bestehen, wenn die Entladung rasch vor sich geht, dagegen eine geringere Zahl unregelmässig verkrümmter und ungleich langer Aeste zeigen, wenn die Bildung der Figur langsam erfolgt. Die Verzögerung der Entladung wurde durch das bekannte Mittel der Einschaltung eines feuchten Leiters in den Schliessungsbogen bewirkt. Die hiebei erhaltenen Figuren sind jedoch nicht neu; es sind immer wieder die altbekannten laubförmigen Verästelungen Lichtenberg's, Deluc's und Anderer, welche auch die negative Figur compliciren, jene „hornförmig gebogenen Auswüchse", welche Reitlinger so passend mit der Gestalt eines Seekrabben verglich.[2]

In Bezug auf den Einfluss der Electricitätsquelle und der Schlagweite fand Bezold folgendes: Die Dimensionen der Lichtenberg'schen Figuren hängen unter sonst gleichen Umständen, d. h. bei gleichen Schliessungsbogen, gleicher Probeplatte u. s. w. und bei einigermaassen beträchtlicher Capacität nur von der Spannung ab, welche auf dem geladenen Leitersystem herrscht, also von der Schlagweite.

Was die Dicke der isolirenden Platten anbelangt, so kann man, so lange deren Dicken nur wenig von einander verschieden sind, den Einfluss derselben auf die Grösse der Figuren ganz ausser Acht lassen. Bei sehr dünnen isolirenden Schichten, z. B. von Lackschichten auf

---

1) W. v. Bezold. Ueber das Bildungsgesetz der Lichtenberg'schen Figuren. (Pogg. Ann. CXLIV. Bd. S. 337 u. Forts. S. 526.)

2) Dr. Edm. Reitlinger. Zur Erklärung der Lichtenberg'schen Figuren. (Sitzb. d. k. Acad. XLI. Bd. S. 364.)



Metallplatten, erhielt Bezold Figuren, welche man, wie er selbst sagt, auf den ersten Anblick als nicht mehr Lichtenberg'sche Figuren erkennen würde. Da die Lackschichte häufig durchbrochen wurde, so ist nach den Versuchen von Unverdorben und Riess ein Zweifel, ob man es hier wirklich mit rein electrischen Figuren zu thun hat, nicht ganz ungerechtfertigt.[1])

Auch die Abhängigkeit der Figuren von dem Materiale der Probeplatten untersuchte Bezold, indem er an die schönen Versuche von Wiedemann anknüpfte, welche constatiren, dass die Lichtenberg'schen Figuren auf isolirenden Platten aus anisotropen Krystallen eine grössere Ausdehnung nach jener Richtung zeigen, nach welcher die Wärmeleitung am grössten ist. Haben die Isolatoren keine anisotrope krystallinische oder solchen Krystallen analoge Structur, so sind nach Bezold Grösse und Character der Lichtenberg'schen Figuren unter sonst gleichen Umständen gleich. Auf Holz entstehen elliptische Figuren wie auf Krystallen, aber die grosse Axe der Ellipse steht beim Holze senkrecht auf der Richtung der grössten Wärmeleitung.

Das Reitlinger'sche Gesetz: die Dimensionen der Figuren sind unter sonst gleichen Verhältnissen der Dichtigkeit der Luft proportional, fand Bezold die positive Figur und den centralen Fleck der negativen betreffend vollkommen bestätigt; seine Beobachtungs-Daten sprechen sogar noch besser für die Richtigkeit dieses Satzes. Ferner zeigte sich, dass erwärmte Flächen grössere Figuren liefern als kalte.

An diese Versuche anschliessend, gibt Bezold auch einige Beobachtungen an, welche sich auf die gegenseitige Einwirkung gleichzeitig entstehender benachbarter Figuren beziehen.

Den Schluss der Abhandlungen bilden critische Bemerkungen über die existirenden Theorien. Bezold schliesst sich den Ansichten Reitlinger's an, nach welchen die Ursache der Formverschiedenheit entgegengesetzter Figuren in verschiedenen Bewegungsformen des Trägers der Electricität, also des umgebenden Gases, beziehungsweise der Luft zu suchen ist. Um über die Art dieser Bewegung in's Klare

---

1) Otto Unverdorben. Ueber das Zerreissen von Harzmassen, welche ein grösseres Volumen besitzen, als ihnen nach ihrer Temperatur zukömmt. (Pogg. Ann. XIII. Bd. S. 411.) — Riess. „Ueber electrische Figuren und Bilder. Abhandl. d. k. Acad. d. Wissensch. zu Berlin. 1846. S. 11.)

zu kommen, stellte Bezold folgendes Experiment an. Taucht man einen, mit klebriger Flüssigkeit gefüllten Pinsel in eine grössere Menge dieser Flüssigkeit, die sich in einer flachen Schale befindet, so wirft die Flüssigkeit im Momente des Eintauchens einen kleinen Wall auf. Zieht man dagegen den Pinsel rasch heraus, so strömt Flüssigkeit aus weitem Umkreise in radialer Richtung nach. War die Oberfläche mit feinen Körperchen bedeckt, die für die Bewegung als Marke dienen, so ordnen sich diese in dem einen Falle zu einem kreisförmigen Ringe, im andern Falle zu einer sternförmigen Figur an. Es entstehen mithin bei dem plötzlichen Ausströmen von Flüssigkeiten Figuren, welche der negativen, beim Aufsaugen solche, die den positiven Lichtenberg'schen Figuren entsprechen. Das Resultat dieses und anderer mechanischer Experimente, sowie auch mehrerer electrischer Versuche führten Bezold zu der Vermuthung, dass bei der positiven Entladung eine Bewegung gegen den Zuleiter hin stattfinde, bei den negativen eine solche vom Zuleiter gegen die Peripherie, die aber dann nicht im radialen Sinne vor sich gehen kann, sondern zu Wirbelbewegungen Anlass geben muss, was auch mit dem verschiedenen Verhalten des positiven und negativen Lichtes der Geisler'schen Röhren gegen Magnete übereinstimmt.

Ist diese Anschauung aber wirklich begründet, folgert Bezold weiter, so müssen die characteristischen Formverschiedenheiten der electrischen Staubfiguren eine völlige Umkehrung erfahren, wenn man die Entladung von einer Peripherie aus gegen ein Centrum gehen lässt. In der That erhielt derselbe unter dieser Bedingung negative Figuren mit strahligem Character, während die positiven reine und stumpfe Ränder zeigten. Auch war die Ausdehnung der negativen Figuren hier grösser, als die der positiven.

Bezold glaubte daher zur Annahme berechtigt zu sein, dass bei der Entladung positiver Electricität auf eine Platte die Bewegung der electrisirten Gastheilchen von aussen nach innen und zwar dicht an der Oberfläche vor sich gehe, bei negativer hingegen von der Axe eines Kegels aus, der den Zuleiter bis auf mässige Höhe umgibt und dessen Basis die negative Figur ist.

Die letztangeführten Experimente Bezold's wird man jedoch kaum für mehr als für ein Bild, für einen Beweis der Möglichkeit des von ihm angenommenen Vorganges zu halten im Stande sein. Man wird trotzdem die Frage noch immer für unentschieden ansehen,

ob die Luft- und Gastheilchen bei der Bildung der Lichtenberg'schen Figuren sich im Falle der positiven Figur von der Spitze zur Platte, wie Reitlinger glaubt, oder von der Platte zur Spitze, wie Bezold meint, und entsprechend verändert bei der negativen Figur sich bewegen. Aber als einen grossen Fortschritt kann man bezeichnen, dass es durch die Forschungen Reitlinger's und Bezold's äusserst wahrscheinlich wurde: Bewegungen von Luft- und Gastheilchen seien die Ursache für die Formverschiedenheit der electrischen Staubfiguren.

Da nun kaum ein Zweifel obwaltet, dass die Electricität ebenso wie die Wärme auf Bewegungsvorgängen beruht, so ist die eingangs erwähnte Hoffnung Lichtenberg's, das Wesen der Electricität durch die Formverschiedenheit der Figuren zu erkennen, durch das eben angeführte Resultat neuerdings ihrer Erfüllung näher gerückt.

Untersuchungen über die Polarisationsströme (Courants secondaires) und deren Anwendungen.

Von

Gustav Planté.

In einer Reihe von Arbeiten, welche G. Planté seit dem Jahre 1859 über die Polarisationsströme veröffentlichte[1]), hat derselbe den Vortheil dargethan, den man von diesen Strömen ziehen kann, um die Wirkungen der Volta'schen Kette anzuhäufen und zu transformiren; er hat dies durch zahlreiche Versuche mit Hilfe von Apparaten dargethan, von denen im Folgenden eine Beschreibung gegeben werden soll.

Das secundäre Element von Planté (Fig. 1) besteht aus zwei langen und breiten Bleistreifen, welche spiralförmig aufgerollt und durch zwei oder drei Paare von Gummistreifen CCC, $C'C'C'$ von einander getrennt gehalten und in ein Gefäss eingesenkt sind, das mit verdünnter Schwefelsäure (1 Theil Säure auf 10 Theile Wasser) gefüllt ist. Das Glasgefäss ist mit einem Hartgummideckel geschlossen, der die Metalltheile trägt, die den Schliessungskreis für den Polarisationsstrom bilden, wenn das Element geladen ist. Die Enden der beiden Bleistreifen stehen mittelst der Klemmen G, H mit der primären Batterie, welche aus zwei kleinen Bunsen'schen Elementen besteht, sowie mit den Kupferstreifen MM' in Verbindung. Der Streifen M liegt unter einem andern Kupferstreifen R, dessen Ende federt und mittelst der Schraube B herabgedrückt werden kann, wodurch dann der Streifen M mit der Klemme A, der Streifen M' mit der Klemme A' in Verbindung gesetzt ist. Unter dem Einflusse

1) Comptes rendus. XLIX, L, LXVI, LXXIV, LXXVII. Annales de Chimie et de Physique. 4 Serie t. XV. Bibliothèque universelle de Genève t. VII 1860. XXXV 1869. Bulletin de l'association scientifique de France t. V. Les Mondes t. XVII, XIX, XXVII, XXXI.

des Batteriestromes wird das Wasser zersetzt. Der positive Bleistreifen bedeckt sich an seiner ganzen Oberfläche mit einer Schicht von Bleioxyd, der negative Bleistreifen wird durch den Wasserstoff vollständig im metallisch reinen Zustand erhalten. Schaltet man nach einer bestimmten Zeit die Batterie aus, so ist das secundäre Element hinreichend stark geladen, um einen zwischen den Klemmen *AA'*

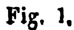
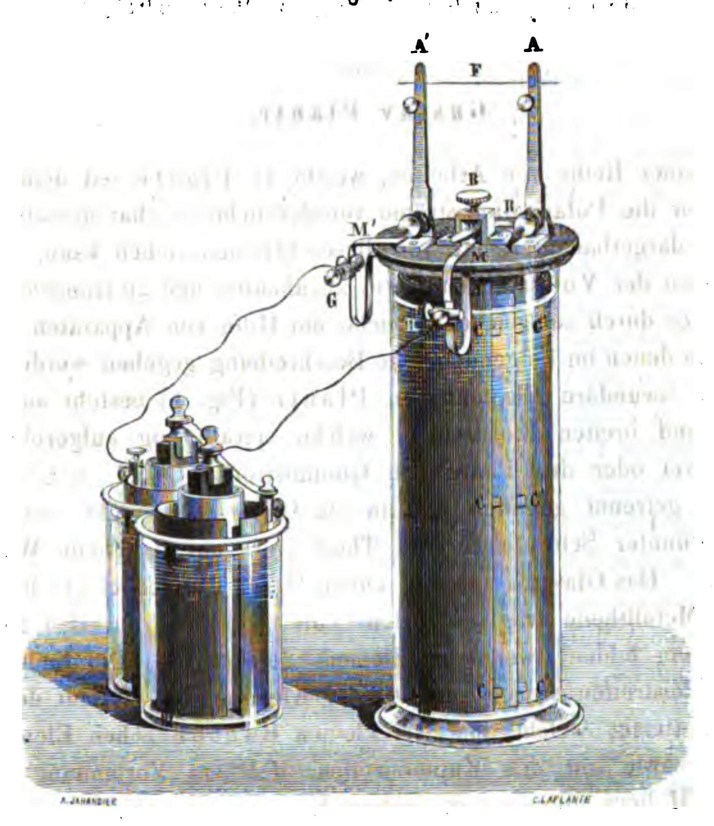


Fig. 1.



Platindraht von 1 Millimeter Durchmesser rothglühend zu machen und einen Stahldraht von gleichem Durchmesser zum Schmelzen zu bringen, kurz temporäre Wirkungen zu erzeugen, die viel stärker sind, als sie die zum Laden des secundären Elementes benützte Batterie gegeben hätte.

Diese Thatsachen haben ihren Grund in der bedeutenden electromotorischen Kraft der Bleistreifen und in dem sehr geringen Widerstande, welchen das von zwei sehr grossflächigen Electroden gebildete Element bietet.

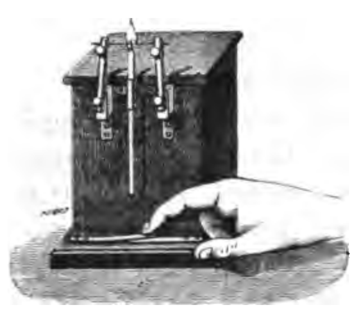
Planté hat die von den beiden Bleistreifen entwickelte electromotorische Kraft bestimmt und sie $1^1/_2$ mal so gross als die eines Grove'schen oder Bunsen'schen Elementes gefunden.

Das Bleioxyd besitzt nämlich eine sehr grosse Affinität zum Wasserstoff oder mit anderen Worten ein starkes Bestreben im Wasser sich zu reduciren. Diese Affinität in Verbindung mit der des nicht oxydirten Bleies für den Sauerstoff bedingt die Zersetzung des Wassers, sobald der secundäre Schliessungskreis gebildet ist und die beobachteten Electricitätswirkungen entsprechen der Entwickelung dieser doppelten chemischen Action.

Sind die secundären Elemente mit Bleiplatten neu und werden sie das erste Mal durch die primäre Batterie geladen, so sind ihre Wirkungen nur von sehr kurzer Dauer. Lässt man aber den primären Strom mehrmals nach einander abwechselnd in der einen Richtung, dann in der anderen eine gewisse Zeit lang hindurchgehen, um sowohl die eine Platte und dann die andere mit Oxyd zu überziehen, und lässt man sie dazwischen einen oder zwei Tage ruhen, so gewinnen nach den Beobachtungen von Planté die secundären Wirkungen beträchtlich an Dauer und Stärke.

Auch hat Planté mit den secundären Elementen aus Bleistreifen von wenigstens einem halben Quadratmeter Fläche, die so, wie dies die Figur 1 zeigt, eingerichtet und auf die oben angegebene Weise geladen waren, Entladungswirkungen von sehr langer Dauer erhalten, so z. B. das eine halbe Stunde lang anhaltende Glühen eines Platindrahtes von $\frac{1}{2}$ Millimeter Durchmesser; hatte der Draht $\frac{2}{10}$ Millimeter im Durchmesser, so hielt das Glühen eine ganze Stunde hindurch an.

Fig. 2.



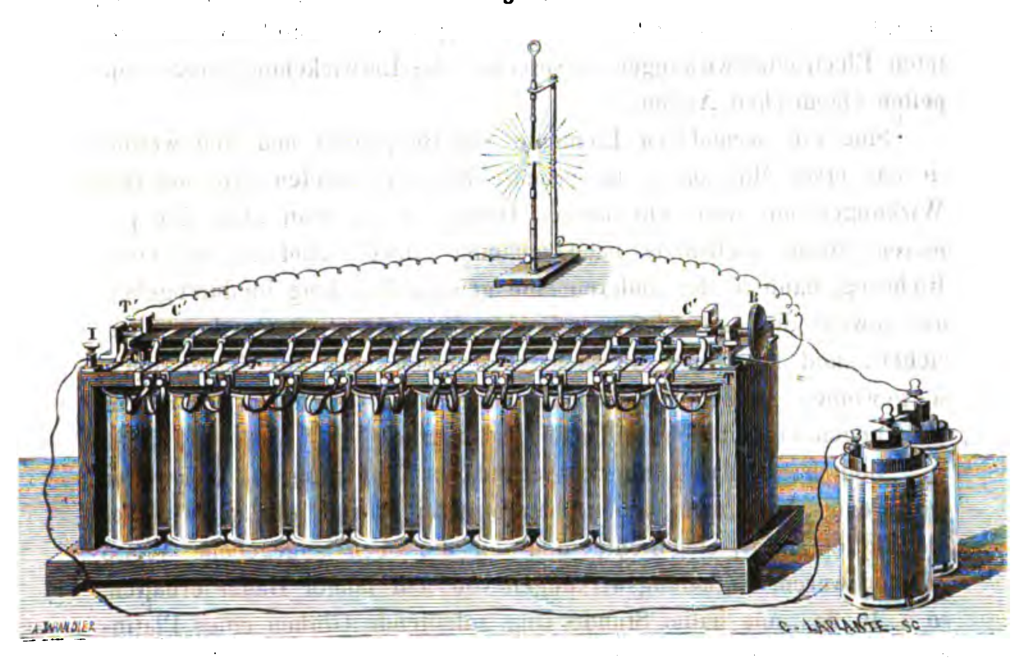
Diese Versuche gestatten ohne Zweifel, die secundären Ströme für verschiedene Zwecke anzuwenden, namentlich für Galvanokaustik, die Entzündung von Minenöfen etc. Um diese Anwendung zur Entzündung von verschiedenen Körpern, wie einer Kerze, Weingeist, Leuchtgas etc. in eclatanter Weise zu zeigen, hat Planté erst kürzlich den durch Fig. 2 dargestellten Apparat construirt. Bei demselben ist ein secundäres Element in einem Kistchen eingeschlossen, dessen vordere Seite eine Kerze trägt, durch die oben ein Platindraht

hindurchgeht; ist das Element geladen, so kann man durch einen Druck auf einen Knopf den Platindraht zum Glühen erhitzen und die Kerze entzünden.

Für Versuche mit grosser Spannung hat Planté die durch Fig. 3 dargestellte Batterie construirt, bei welcher 20 secundäre Elemente



Fig. 3.



von kleineren Dimensionen, wie das oben beschriebene, mit einem Commutator so vereinigt sind, dass sie nach Quantität während des Ladens und nach Intensität für die Entladung verbunden werden können.

Dieser Commutator besteht aus zwei Cylindern CC und $C'C'$, wovon der eine dazu dient, alle geraden Pole, der andere alle ungeraden Pole der secundären Elemente mittelst Federn rrr zu verbinden. Diese beiden Cylinder sind mit einem flachen Stabe aus Holz (allgemein aus einem isolirenden Materiale) verbunden, das schiefgestellte Kupferlamellen trägt, die man an den Federn r, r, r schleifen lassen kann. Das Ganze kann um eine Viertelsumdrehung um die Axe aa' gedreht werden, je nachdem man die Elemente nach Quantität oder Intensität verbinden will.

Um die Batterie zu laden, verbindet man die Pole von 2 Bunsen'schen Elementen mit den Klemmen JJ', die durch Federn mit den Enden der Cylinder CC, $C'C'$ verbunden sind. Der Strom vertheilt sich so über die 20 Elemente, welche zur Batterie verbunden sind, und entwickelt in jedem von ihnen eine electromotorische Kraft, die $1\frac{1}{2}$ mal so gross ist als die eines Grove'schen oder Bunsen'schen Elementes. Die grosse electromotorische Kraft hat ihren Grund darin, dass die sämmtlichen Elemente nach Quantität verbunden sind; wären sie nach Intensität vereinigt, so könnte die electromotorische Kraft der Bunsen'schen Elemente, die gleich 2 Einheiten ist, nicht eine Spannung gleich 30 in den 20 secundären Elementen entwickeln.

Ist die Batterie geladen, was nach etwa 20 Minuten statthat, wenn sie nach den oben gegebenen Vorschriften ein für allemal vorbereitet ist, so dreht man den Commutator so, dass die Enden der schief gestellten Streifen an den Federn rr schleifen, wie dies die Figur darstellt, wodurch die Elemente nach Intensität angeordnet sind. Verbindet man zwei Batterien, d. h. 40 secundäre Elemente, so erhält man während der Entladung, welche etwa eine Minute andauert, eine electromotorische Kraft gleich der von 60 Bunsen'schen Elementen und damit alle Wirkungen, welche eine so starke Batterie erzeugen kann: das electrische Licht, das Glühen von Platindrähten von 2 Meter Länge, das Schmelzen langer Stahldrähte, chemische Zersetzungen etc. Eine einzige Batterie von 20 Elementen, die eine Entladung, die 30 grossen Bunsen'schen Elementen äquivalent ist, gibt, reicht aus, um den Volta'schen Lichtbogen zu erzeugen.

Jedes secundäre Element hat eine verwendbare Oberfläche von 8 Quadratdecimeter und einen Widerstand gleich $8,^{m}77$ Kupferdraht von 1^{mm} Durchmesser.

Derselbe Apparat kann auch zur Herstellung grosser Quantitätseffecte benützt werden mittelst Klemmen, die an den Metallcylindern angebracht sind, welche den Hauptstrom über alle secundären Elemente vertheilen. Ist die Batterie geladen und man bringt zwischen diese Klemmen einen Platindraht von 2^{mm} Durchmesser, so wird dieser glühend und kommt selbst zum Schmelzen.

Vereinfachter Schleiermacher'scher Centrifugalapparat.

Von

J. Müller

zu Freiburg i/B.

(Hiezu Tafel XXVIII Figur 1—5.)

Der Satz, dass die Schwungkraft dem Quadrat der Umdrehungsgeschwindigkeit proportional sei, lässt sich mit den gewöhnlichen Schwungmaschinen nur höchst unvollkommen nachweisen. Der einzige mir bekannte Apparat, welcher diesen Satz mit genügender Sicherheit erläutert, ist ein schon vor längerer Zeit von Schleiermacher construirter Centrifugalapparat, welcher aber, wie es scheint, wenig bekannt geworden ist, da ich seine Beschreibung nur in dem Lehrbuch der Physik von Külp (I. Theil, S. 166) gefunden habe. Leider ist aber dort gerade der wesentlichste Theil des Apparates weder in der Figur sichtbar, noch im Text genügend erläutert.

Der Apparat, wie ihn Schleiermacher ursprünglich construirte und wie er sich im physicalischen Cabinet der polytechnischen Schule zu Darmstadt befindet, ist aber nicht allein etwas massiv, sondern auch ziemlich theuer, wesshalb ich versuchte, ihn in etwas einfacherer Form herzustellen. Fig. 1 stellt den vereinfachten Schleiermacher'schen Centrifugalapparat in $^1/_7$ der natürlichen Grösse dar. Auf einem 70^{cm} langen und 15^{cm} breiten Brette A ist der Holzrahmen $BB'B''$ eingesetzt, welcher aus Leisten von quadratischem Querschnitt besteht. Die verticale Mittellinie dieses Rahmens bildet die Umdrehungsaxe eines leichten Holzrahmens $CDFG$, dessen unterer Arm F in einem runden Holzstück eingesetzt ist, dessen unterer Theil einen Cylinder von ohngefähr 3^{cm} Durchmesser bildet.

Dieser Cylinder ist mehrfach von einer Schnur umschlungen, welche durch eine Höhlung des Holzstabes B'' hindurchgehend über

die Rolle *R* läuft und das bei meinem Apparate 136 Gramm schwere Gewicht *P* trägt. Lässt man den bis dahin in einer beliebigen Stellung festgehaltenen Rahmen *CDFG* in einem bestimmten Momente los, so wird er mit gleichförmig beschleunigter Geschwindigkeit um seine verticale Axe umgedreht, indem das Gewicht *P* mit gleichförmig beschleunigter Geschwindigkeit herabsinkt.

An dem oberen Arm *C* des beweglichen Rahmens ist eine Gabel *q* von starkem Messingblech angeschraubt, welche in Fig. 2 von der Umdrehungsaxe aus gesehen in 0,4 der natürlichen Grösse dargestellt ist. Die Messinggabel *q* trägt die Zapfenlager, innerhalb deren das beiderseits in Spitzen endigende Stahlstückchen *s* leicht drehbar ist; dieses Stahlstückchen *s* trägt einen gegen 2^{mm} dicken Eisendraht *t*, an welchem unten ein eiserner ungefähr 144 Gramm schwerer Cylinder *H* von Eisen angeschraubt ist. Durch einen Draht *w* ist *H* mit einem hölzernen Winkelhebel verbunden, dessen horizontale Drehungsaxe *c* in ähnlicher Weise in einer Messinggabel angebracht ist, wie das Stahlstückchen *s* Fig. 2. An dem horizontalen Arme dieses Winkelhebels ist bei *r* ein Häkchen eingeschraubt, an welchem das Gewicht *N* hängt, dessen Axe mit der Umdrehungsaxe des Rahmens *CDFG* zusammenfällt.

Die Einrichtung des Gewichtes *N*, dessen untere Fläche auf dem Holze aufsitzt, ist aus Fig. 3 zu ersehen. An einem oben zum Haken gebogenen Eisenstäbchen ist unten eine Messingscheibe befestigt, welche mit dem Stäbchen zusammen 36 Gramm wiegt. Auf diese unterste Scheibe können noch drei andere aufgelegt werden, deren jede gleichfalls 36 Gramm wiegt und mit einem Einschnitt versehen ist, wie Fig. 4 zeigt.

Im Ruhezustand hängt *t* vertical herunter; der eine Arm des Winkelhebels steht vertical, der andere horizontal und das Gewicht *N* sitzt auf dem Boden auf. Sobald aber der innere Rahmen unter dem Einfluss des Gewichtes *P* zu rotiren beginnt, nimmt die Schwungkraft des eisernen Cylinders *H* allmählig zu, bis sie endlich gross genug wird, um den Winkelhebel zu drehen und das Gewicht *N* zu heben.

Es gilt nun den Moment hörbar zu markiren, in welchem die Schwungkraft von *H* gerade hinreicht, um *N* zu heben. Es geschieht dies auf folgende Weise. Auf dem horizontalen Arm des Winkelhebels ist bei *m* ein Messingblättchen aufgeschraubt, an dessen äusserem Ende eine kleine Rinne eingefeilt ist, wie man Fig. 5 sieht,

welche den Querschnitt des Messingblättchens stark vergrössert darstellt. Wird *m* durch Drehung des Winkelhebels etwas in die Höhe gehoben, so kann man das obere Ende des schwach federnden Stahlstreifens *n* aus seiner Gleichgewichtslage etwas zurückbiegen, in die fragliche Rinne einsetzen und dadurch die Feder in der etwas zurückgebogenen Stellung erhalten, welche unsere Figur zeigt. Nahe an dem oberen Ende der Feder *n* ist eine kleine Eisenkugel an derselben befestigt. Sobald nun in Folge der wachsenden Rotationsgeschwindigkeit die Schwungkraft von *H* gross genug geworden ist, um *N* zu heben, wird *n* ausgelöst und das an der Feder befestigte Eisenkügelchen schlägt an der Glocke *K* an.

Um den Versuch anzustellen, wird der drehbare Rahmen in eine solche Stellung gebracht, dass die Schnur mehrmals um den centralen Cylinder herumgeschlungen ist und das Gewicht *P* sich nahe unter der Rolle *R* befindet.

In dieser Stellung wird der Rahmen *CDFG* mit der Hand festgehalten um bei einem bestimmten Schlage eines in der Nähe aufgestellten, hörbar Secunden schlagenden Apparates losgelassen zu werden. Es werden nun die Secunden gezählt, welche vom Moment des Loslassens bis zu dem Momente vergehen, in welchem das Glöckchen ertönt. Dieser Zeit ist die Geschwindigkeit von *H* im Moment des Anschlages proportional.

Als bei *r* Fig. 1 nur die sammt dem Stäbchen 36 Gramm schwere Grundscheibe Fig. 3 angehängt war, erfolgte der Anschlag 3 Secunden nach Beginn der Rotation.

Wird nun auf die Grundscheibe noch eines der 36 Gramm schweren Gewichte Fig. 4 aufgelegt, also *N* doppelt so schwer gemacht, als es beim ersten Versuch war, so muss auch die Schwungkraft von *H* 2mal so gross, die Rotationsgeschwindigkeit muss $\sqrt{2}$ oder 1,4 mal so gross werden als vorher, wenn eine Hebung von *N* stattfinden soll, der Anschlag wird also 3 . 1,4 oder 4,2 Secunden nach Beginn der Rotation erfolgen.

Werden auf die Grundplatte zwei der Gewichte Fig. 4 aufgelegt, so dass *N* dreimal so schwer ist als beim ersten Versuch, so ertönt das Glöcklein, wenn die Rotation $3 . \sqrt{3} = 3 . 1,73 = 5,2$ Secunden gedauert hat, also etwas nach dem 5. Secundenschlage.

Werden endlich d r e i der 36 Gramm schweren Messingplatten aufgelegt, so dass *N* 4 mal so schwer ist als beim ersten Versuch, so

erfolgt der Anschlag des Glöckleins, wenn die Rotationsgeschwindigkeit $\sqrt{4}$ also 2 mal so gross geworden ist, als im Moment des Anschlags beim ersten Versuch, also 6 Secunden nach Beginn der Rotation.

Der Fallraum des Gewichtes P beträgt in 6 Secunden ohngefähr 6 Decimeter, der Apparat Fig. 1 kann also auf einem Tisch von gewöhnlicher Höhe aufgestellt werden. Es versteht sich von selbst, dass die Umdrehungsaxe des Apparates genau vertical stehen, dass sich also der drehbare Rahmen nach Abhängung des Gewichtes P im Zustand des indifferenten Gleichgewichts befinden muss.

Wenn das Gewicht bei N 144 Gramm beträgt, so muss die Rotation schon ziemlich schnell werden, um die Hebung von N zu bewirken, so dass sich der Luftwiderstand bereits geltend macht und der Anschlag nicht genau beim 6. Secundenschlage, sondern etwas später erfolgt.

Ueber die Wahl der galvanischen Stromeinheit.

Von

F. Kohlrausch.

(Vom Herrn Verfasser aus Poggendorff's Annalen freundlichst mitgetheilt.)

Das „electrochemische Aequivalent des Wassers“ stellt die Verhältnisszahl der absoluten oder magnetischen, nach Weber benannten Stromeinheit zur chemischen dar, sobald man bei letzterer nach dem zersetzten Wassergewicht rechnet. Gebräuchlicher aber ist es, unter dem Namen Jacobi'sche Einheit denjenigen Strom Eins zu nennen, welcher in der Zeiteinheit (Minute) die Volumeneinheit (Cubikcm.) Knallgas entwickelt. Diese Einheit ist der absoluten nahe gleich, denn nach meinen Untersuchungen ist 1 Weber = 1,0544 Jacobi[1].

Beide Einheiten haben ihre Berechtigung, freilich in verschiedenem Maasse. Während die Jacobi'sche Einheit von einer einzelnen Art der chemischen Stromwirkung hergenommen ist, umfasst die „absolute“ Einheit die magnetischen sowie die electrodynamischen Wirkungen und steht in der innigsten Beziehung zu den Arbeitsleistungen des Stromes. Es kann demzufolge eine Verdrängung dieses Strommaasses gar nicht in Frage kommen. Seine practische Bedeutung freilich wird sich theilweise erst künftig entwickeln können, sobald die Gesetze des Electromagnetismus vollkommener bekannt sein werden als jetzt; zum Theil aber ist sie schon vorhanden, denn die Strommessung wird fast immer mit der Bussole ausgeführt, und der galvanische Reductionsfactor einer Tangentenbussole auf die absolute Einheit wird so einfach gefunden, dass jeder physicalisch nicht ganz Ungebildete ihn berechnen kann. Die Genauigkeit reicht für die Praxis vollkommen aus.

---

1) Die Dichtigkeit des Knallgases = 0,0005361 gesetzt. Ein Spiel des Zufalls hat auch hier die galvanischen Maasse betroffen, denn sehr nahe dasselbe Verhältniss (1,049) hat die British-Association zur Quecksilber-Einheit.

Da nun einheitliche Maasse manche Vortheile bieten, und besonders da sie leichter verbreitet werden als solche, die mit einander concurriren, so entsteht die Frage, ob ein besonderes chemisches Strommaass neben dem magnetischen irgend welchen Nutzen bringt, und diese Frage dürfte aus folgenden Gründen zu verneinen sein.

Die chemische Zersetzung, ein übersichtlicherer Vorgang als die magnetische Stromwirkung, wird freilich zur Popularisirung der Strom-Einheit immer unerlässlich bleiben, aber die Jacobi'sche Einheit betrifft doch nur eine specielle Form der Wirkung, und zwar eine solche, deren Vorzüglichkeit für diese Zwecke keineswegs unbezweifelt ist. Der galvanoplastische Techniker würde einer Definition aus dem niedergeschlagenen Kupfer den Vorzug geben; wer mit einem Bunsen'schen Gewichtsvoltameter arbeitet, rechnet nicht gern seine Wägung auf das Gasvolumen um; dem Chemiker würde die entwickelte Wasserstoffmenge bequemer sein. Bekanntlich liefert ferner ohne besondere Vorsichtsmaassregeln jedes Wasservoltameter leicht ungenaue Resultate. Es ist für schwache Ströme überhaupt ungeeignet und seine Anwendung wird unmöglich bei geringen electromotorischen Kräften. Als ein besonderer Nachtheil ist ferner anzuführen, dass der Nicht-Physiker, durch dessen Bedürfnisse diese Einheit doch motivirt wird, sich gar häufig durch die Definition der Stromstärke aus dem zersetzten Wasser verleiten lässt, in denjenigen Stromkreis, dessen Stromstärke ihm von Werth ist, zeitweise ein Wasservoltameter zum Zwecke der Messung einzuschalten und so, in Folge der Polarisation, zu ganz falschen Zahlen zu gelangen. Ein geeignetes Kupfervoltameter bietet diese Gefahr in weit geringerem Maasse.

Aber wenn man auch von dem eben Gesagten absehen will, so bleibt doch vom Standpuncte des Practikers aus noch ein letzter, sehr wesentlicher Einwand übrig. Ist die Knallgas-Einheit für die Praxis bestimmt, so müsste sie für mittlere Temperatur- und Druckverhältnisse eingerichtet sein; aber hier hat man den physicalischen Standpunct festgehalten und reducirt auf trocknes Gas, sowie auf 0° und 760^{mm} Quecksilberdruck. Der Laie führt natürlich die Correction nicht aus, und in Folge dessen sind die von der Physik gegebenen Zahlen für ihn um etwa 10 Procent unrichtig.

Hiermit scheint die ganze Bedeutung der Jacobi'schen Stromeinheit für die Praxis sehr gemindert zu werden, und es dürfte wenig verschlagen, ob der Fehler obige 10 oder ob er 15 Procent beträgt.

Diess zugegeben, wird aber das chemische Strommaass in der That hinfällig, weil es dann mit dem magnetischen identisch wird. Mit andern Worten: anstatt auf 760^{mm} braucht man nur das Gasvolumen auf 800^{mm} [1]) Quecksilberdruck zu reduciren, und man hat die Uebereinstimmung zwischen dem Jacobi-schen und dem Weber'schen Strommaasse erreicht. Ich meine, der so einfach zu erlangende Vortheil der Maass-Einigkeit werde wohlfeil erkauft.

Endlich giebt aber auch hier wieder der Zufall noch eine Begriffsbestimmung des Weber'schen (oder, wenn man will, des so modificirten Jacobi'schen) Strommaasses, die an Kürze und Verständlichkeit für Jedermann nichts zu wünschen übrig lässt und den Practiker in einfachster Weise zur voltametrischen Strommessung oder zur Graduirung seines Galvanometers auf chemischem Wege in den Stand setzt: nämlich der Strom Eins nach absolutem Maasse scheidet in ½ Minute 1^{mgr} Kupfer ab[2]).

Ueberhaupt berechnen sich für die absolute Stromeinheit folgende chemische Zersetzungsproducte in einer Minute:

1 CCm Knallgas bei 0° und 801^{mm} Quecksilberdruck.
1,054 „ „ „ „ „ 760^{mm}; oder 1 CC. in 56,9^{sec}.
1,16 „ „ „ unter mittleren Umständen
(bei + 17° und 745^{mm}, über Wasser aufgefangen);
oder 1 CC. in 52^{sec}.

0,5653^{mgr} Wasser; oder 1^{mgr} in 106,1^{sec}.
1,991^{mgr} Kupfer; oder 1^{mgr} in 30,1^{sec}.
2,048^{mgr} Zink; oder 1^{mgr} in 29,3^{sec}.
6,779^{mgr} Silber; oder 1^{mgr} in 8,85^{sec}.

Eine electromotorische Kraft drückt man bei gegebener Strom- und Widerstands-Einheit am zweckmässigsten als das Product der Stromstärke in den Widerstand aus, in welchem die betreffende Kraft diesen Strom hervorbringt. Auch in dieser Beziehung ist die magnetische Stromeinheit bequem, denn mit der Siemens'schen Quecksilbereinheit zusammen liefert sie für das verbreitetste galvanische

1) Genauer 801^{mm},3.

2) Genau $0,009421 \, . \, 30 \, . \, \frac{31,7}{9} = 0,996$ Mgr.

Element, das Bunsen'sche (oder auch das Grove'sche) die runde Zahl 20,0[1]). Die Messung des Daniell'schen Elements durch Hrn. v. Waltenhofen[2]), in dieselbe Einheit umgesetzt, liefert Daniell = 11,43; ich habe 11,71 gefunden, im Mittel also wäre Daniell = 11,57. Wie diese Zahlen die Producte aus zusammengehörigen Widerständen und Stromstärken sind, so kann man auch die zu Grunde liegende Einheit der electromotorischen Kraft als das Product der Stromeinheit in die Widerstandseinheit auffassen und am kürzesten auch so bezeichnen; ein Verfahren, welches überhaupt bei abgeleiteten Einheiten bequem ist. Beispielsweise also kann man schreiben 1 Bunsen = 20,0 Siemens $\times$ Weber.

---

1) Poggend. Ann. Bd. CXLI, S. 458.
2) Poggend. Ann. Bd. CXXIII, S. 477.

Vorläufige Notiz über die Anwendung secundärer oder Polarisations-Batterien auf electro-magnetische Motoren

von

M. Jacobi.[1])

Ich erlaube mir der Academie mitzutheilen, dass ich seit etwa $1^1/_2$ Jahren meine Aufmerksamkeit von Neuem auf die Anordnung der electro-magnetischen Motoren verwendet habe. Die allgemeinen Bedingungen, welchen diese Motoren unterworfen und die Gesichtspuncte, die bei ihnen maassgebend sind, hatte ich in meinem vor etwa 20 Jahren publicirten *Mémoire sur la théorie des machines electro-magnétiques* festgestellt. Als eins der wichtigsten damals gewonnenen theoretischen Resultate kann bezeichnet werden, dass, wenn bei diesen Motoren Widerstand und Geschwindigkeit der Production einer Maximal-Arbeit gemäss angeordnet sind, diese letztere nicht abhängig ist von den aufgewendeten Draht- und Eisenmassen und der speciellen mechanischen Anordnung des Motors, sondern proportional der chemischen Action in der Batterie — also für gewöhnlich der Zinkconsumtion — multiplicirt mit der electro-motorischen Kraft der Elemente. Die Anwendung grösserer oder geringerer Metallmassen hatte hier nur die Bedeutung der in der Mechanik gebräuchlichen Organe zur Umwandlung des Verhältnisses der beiden Factoren, Kraft und Geschwindigkeit, bei denen das Product im Wesentlichen nicht afficirt wird. Insofern nun einerseits von einer mehr oder weniger sinnreichen mechanischen Combination bei diesen Motoren wenig oder nichts zu erwarten war und anderseits wegen der Kostspieligkeit des in den galvanischen Batterien aufgewendeten Materials, deren öconomischer Nutzeffect sich als unverhältnissmässig gering herausstellte, war wohl meinerseits ein vorläufiges

1) Auf den Wunsch des Herrn Verfassers aus der „Mélanges Phys. et Chim. de l'Academie de St. Petersbourg 1870" hier neuerdings abgedruckt.

Aufgeben der Beschäftigung mit diesen Motoren, der es übrigens an Aufmunterung keineswegs gefehlt hätte, vollkommen gerechtfertigt.

Was mich zur Wiederaufnahme dieser Arbeiten bewog, sind neue Gesichtspuncte, die ich seitdem gewonnen habe, von denen ich keineswegs behaupten will, dass sie das Problem entschieden lösen, die aber dennoch verdienen, einer näheren Prüfung und Erörterung unterworfen zu werden.

Bei meinen frühern Arbeiten hatte ich häufig den, ich weiss nicht ob irgendwo von mir erwähnten Versuch gemacht, einen solchen Electro-Motor in der Ebene des magnetischen Meridians zu orientiren, um durch Drehung des Apparats auf mechanischem Wege einen magneto-electrischen Strom zu erzeugen. Auch hatte ich öfters den galvanischen Strom nur durch die Electromagnete des einen Systems, des beweglichen oder des festen, geführt, um in den Spiralen des andern Systems einen magneto-electrischen Strom zu erzeugen. Ich hatte um so weniger Veranlassung, diese Versuche zu verfolgen, als deren Resultat mir nichts Neues darbot und überhaupt die bei den electro-magnetischen Motoren auftretenden Gegenströme, wenn sie auch nicht den öconomischen Effect geradezu beeinträchtigten, dennoch der vollkommenen Ausnutzung der Batterie hinderlich waren. Selbstverständlich musste ich mehr dafür eingenommen sein, diese Ströme zu beseitigen, als deren Energie zu fördern.

Wenn ich auch in dem erwähnten Mémoire (Art. 20) die Gründe auseinandergesetzt habe, warum ich damals wenig oder gar keine messenden Versuche angestellt, so zeigte mir doch schon das oberflächlichste Apperçu, dass die sogenannte Coercitivkraft oder vielmehr der remanente Magnetismus der Eisenmassen einen wesentlichen Einfluss auf den Nutzeffect dieser Motoren ausübt, indem der schnelle Wechsel der Polaritäten dadurch verzögert wird; zugleich auch, dass dieser remanente Magnetismus nicht nur mit der Masse des Eisens unverhältnissmässig wächst, sondern auch durch ihre geometrische Form bedingt ist. So konnte z. B. die von Herrn Joule in Manchester vorgeschlagene sinnreiche Form der Electromagnete bei meinen Untersuchungen nicht in Betracht gezogen werden, wegen des ausnehmend grossen remanenten Magnetismus, welchen diese Electromagnete besitzen, obgleich ihre Anwendung manche Vereinfachung in der Construction der Motoren möglich machen und viele Bequemlichkeit darbieten würde. Es war bei mir, schon in der letzten Zeit meiner frühern

Untersuchungen, zum Grundsatz geworden, den Electromagneten nur die einfachsten Formen zu geben und alle solche Theile zu vermeiden, welche der unmittelbarsten Einwirkung der magnetisirenden Spiralen sich entziehen und die nur von den magnetisirten Eisenkernen selbst einen inducirenden Einfluss erfahren. Eine Abweichung von dieser Regel ist da gestattet, wo keine dynamischen Effecte in Anspruch genommen werden, sondern wo es sich darum handelt, Electromagnete von grosser Tragkraft zu construiren, wo allerdings die Anwendung von unbeschäftigten Eisenmassen und von besondern Formen sich als nützlich erweist.

Wenn ich nun in meinem Mémoire (Art. 5) erwähne, dass jede electro-magnetische Maschine zugleich eine magneto-electrische ist, und dasselbe auch umgekehrt stattfindet, so müssen auch bei der Construction der zur Erzeugung magneto-electrischer Ströme construirten Apparate obige Regeln sich geltend machen. Es ist also vollkommen gerechtfertigt, die zuerst von Herrn Wilde in Manchester, später von den Herren Wheatstone, Ladd und Siemens, oft in colossalem Maassstabe construirten magneto-electrischen Apparate, von denen ich öfters Gelegenheit hatte, die Academie zu unterhalten, als Apparate zu betrachten, die gewissermaassen gegen alle Regeln construirt sind, und die nur sehr unzulängliche Effecte hervorbringen würden, wenn man sie mit Hülfe galvanischer Batterien als Motoren anwenden wollte. Es war gleich bei der ersten Bekanntwerdung dieser Erfindungen evident, dass bei ihnen ein möglichst starker remanenter Magnetismus unabweisliche Bedingung ist, und so war es nicht zu verwundern, dass electro-magnetische Motoren, durch mechanische Mittel in Bewegung gesetzt, je rationeller construirt, um so weniger solche sich immerfort steigernde magneto-electrische Ströme lieferten, wie die oben erwähnten Apparate. Wenn man nun aber in der That im Stande ist, durch diese Apparate die wundervollsten Effecte herorzubringen und Ströme zu erzeugen, die an Stärke alles überbieten, was, soviel ich weiss, bis jetzt durch galvanische Batterien geleistet worden ist, so sei es erlaubt, darauf aufmerksam zu machen, dass solche Erfolge nur möglich geworden sind durch einen unverhältnissmässigen Aufwand der zur Activirung solcher Apparate angewendeten mechanischen Arbeit. Erörtert man nun die Frage, ob diese Arbeit, abgesehen von der Reibung und andern mechanischen Hindernissen, allein auf die Production solcher Ströme verwendet wird, so

muss diese verneint und auf die grosse Wärmeentwicklung hingewiesen werden, welche in diesen Apparaten stattfindet, welche leicht bis zur Verbrennung der zur Isolirung der Drahtspiralen angewandten Substanzen geht, welche eine Desorganisation und Klemmung der reibenden Theile herbeiführt und der Anwendung dieser Apparate ein wesentliches Hinderniss darbietet.

Wenn nun auch durch künstliche Mittel, wie die Uebertragung der entwickelten Wärme auf andere Körper, z. B. auf immer sich erneuernde Wassermassen, diese Hindernisse zum Theil beseitigt werden könnten, so ist es einleuchtend, dass hierdurch für den eigentlichen Zweck nichts gewonnen wird. Getreu den unabänderlichen Gesetzen der Erhaltung der lebendigen Kräfte, ist die verwendete Arbeit genau gleich der Summe der mechanischen Aequivalente der producirten Wärme und der producirten Stromeseinheiten. Je grösser die erstere, desto geringer die letztere und so umgekehrt. Da nun bei den electro-magnetischen Motoren die galvanische Arbeit eine ähnliche äquivalente Spaltung in Wärme und mechanische Arbeit erfährt, so ist für beide Kategorien von Apparaten die Richtung streng bezeichnet, die einzuhalten ist, wenn von irgend welchen Verbesserungen bei diesen Apparaten die Rede sein soll. In beiden Fällen muss auf Verminderung des producirten Wärmeäquivalents hingearbeitet werden, um dort das Aequivalent der Ströme, hier das der mechanischen Arbeit, zu vergrössern.

Der nächste Eindruck, den man auf diesem Erscheinungsgebiete erfährt, ist wohl der, dass, wie bekannt, durch Störungen im magnetischen Gleichgewichte idiomagnetischer Massen, electro-dynamische Ströme hervorgerufen werden können; dass diese Ströme eine gewisse mechanische Arbeit consumiren und ein entsprechendes Wärmeäquivalent entwickeln, welche beide nicht nur abhängig sind von der specifisch magnetischen Coërcitivkraft der erwähnten Massen, sondern auch von ihrer geometrischen Form; dass endlich der nach den magnetischen Störungen beobachtete remanente Magnetismus einigermaassen einen Ausdruck abgiebt für die zu diesen Störungen erforderliche grössere oder geringere mechanische Arbeit und des hierbei entwickelten grössern oder geringern Wärmeäquivalents. Hier liegt ein weites und wichtiges, aber schwieriges Feld von Untersuchungen vor, für welche als Material bis jetzt nur wenige Vorarbeiten vorhanden sind.

Als practisches Resultat dieser Betrachtungen ergiebt sich, dass von solchen electro-magnetischen Motoren ein relativ grösserer Nutzeffect zu erwarten sei, bei denen eine grössere Beschränkung der zu den einzelnen Electromagneten verwendeten Eisenmassen stattfindet. Einen solchen Apparat habe ich schon in vorigem Jahre construiren lassen, der aus Eisenstäben besteht, die nur 9^{mm} im Durchmesser und 54^{mm} Länge haben und die mit Drähten von $0^{mm},45$ Dicke bewickelt sind, in der Art, dass zum Durchmesser der Spiralen der doppelte Durchmesser der Eisenkerne genommen ist. Die durch diesen Apparat producirte Arbeit zu messen, bin ich jetzt noch nicht im Stande gewesen; oberflächlich durch Hebung irgend eines Gewichts mochte ich es nicht, und ebensowenig durch ein zu diesem Zweck construirtes Prony'sches Dynamometer, dessen Unzulänglichkeit zur Messung kleinerer mechanischer Arbeiten ich bei meinen früheren Versuchen erfahren hatte. Ich beabsichtige aber, wenn anderweitige Vorbereitungen werden beendigt sein, solche Messungen vorzunehmen durch einen thermodynamischen Apparat, der zu diesem Zwecke bereits entworfen ist, und bei welchem die Totalität der während einer bestimmten Zeit geleisteten Arbeit durch Reibung consumirt und zur Erwärmung einer umgebenden Flüssigkeit verwendet wird. Ich habe ein um so grösseres Vertrauen zum Erfolg dieser Messmethode, als die dazu erforderlichen Apparate lange vorher entworfen waren, ehe der berühmte Schöpfer der neueren mechanischen Wärmetheorie dieselbe Idee den im vorigen Jahre in Innsbruck versammelten Naturforschern vorgelegt hatte.

Welche Art galvanischer Batterien zu den electro-magnetischen Motoren verwendet werden solle, ist für die practische Bedeutung dieser Motoren eine Lebensfrage. Zunächst muss eine solche Batterie möglichst constant sein und eine möglichst grosse electro-motorische Kraft besitzen; dann erfordert es die von uns angewandte Bewicklung mit dünnem Draht, dass die Batterie aus zahlreichen zur Kette verbundenen Elementen bestehen müsse. Wer je mit diesen immer unentbehrlicher werdenden Apparaten zu thun gehabt hat, wird die Schwierigkeiten, eine für unsere Zwecke passende Wahl zu treffen, gewiss nicht unterschätzen. Ich habe, um mich meiner Aufgabe zu erledigen, einen, wie ich glaube eigenthümlichen Weg eingeschlagen und hätte wahrscheinlich die Beschäftigung mit diesen Motoren gar nicht wieder aufgenommen, wenn sich mir nicht von vornherein dieser Weg als zum Ziele führend dargeboten hätte.

Vor etwa 25 Jahren hatte ich der Academie eine Mittheilung gemacht über die Einführung einer durch Polarisation erzeugten Contrebatterie, für solche telegraphische Leitungen, welche entweder zu gut oder zu mangelhaft isolirt sind, zwei extreme Fälle, welche bekanntlich der Uebertragung telegraphischer Zeichen die meisten Schwierigkeiten darbieten. Eine solche secundäre oder Polarisationsbatterie habe ich nun schon bei meinen vorläufigen Versuchen mit Erfolg angewandt. Sie besteht nicht, wie meine frühere Contrebatterie, aus Platin, sondern ich habe dazu, nach dem Vorschlage des Herrn Planté in Paris, in starke Schwefelsäure von 1,3 sp. Gew. tauchende Beiplatten gewählt. Diese Polarisationsbatterie, von der ich gegenwärtig 50 Elemente, jedes zu 900 Quadrat-Centimeter wirkender Oberfläche und dennoch sehr wenig Raum einnehmend, construiren lasse, befinden sich in kleinen Guttaperchatrögen von nur 6cm,5 Länge, 6cm,3 Breite und 13cm,6 Höhe. Aus diesen 50 Elementen werden zwei Batterien formirt, jede zu 25 Elementen, und ist die Einrichtung so getroffen, dass, wenn die zu einer Oberfläche von 2¼ Quadrat-Metre verbundenen 25 Elemente der einen Batterie geladen werden, die Elemente der andern zu einer Kette verbunden auf den Motor wirken. Nach einer gewissen, durch Erfahrung zu bestimmenden Zeit, geschieht plötzlich der Wechsel; die erste Batterie wird, zur Kette verbunden, in Thätigkeit gesetzt, während die zweite mit ihrer ganzen Oberfläche geladen wird. Die von Herrn Thomson in Kopenhagen vorgeschlagene Methode der abwechselnden Ladung immer nur eines Elements habe ich als unzweckmässig gefunden und lieber eine dem Princip der bekannten Poggendorff'schen Wippe entlehnte Vorrichtung zur Herstellung der verschiedenen Verbindungen gewählt, obgleich es nicht leicht war, bei so vielen Elementen diesen Zweck auf bequeme und sichere Weise zu erreichen. Der Wechsel muss natürlich automatisch geschehen; bei meinen vorläufigen Versuchen wurde er durch eine electro-magnetische Vorrichtung bewirkt, die mich aber wenig befriedigte; bei der jetzt zu construirenden Batterie werde ich eine Art hydraulischen, sehr einfachen Mechanismus anbringen, der zugleich eine genaue Regulirung der Perioden des Wechsels zulässt.

Zur Ladung hatte ich mich früher zweier grossplattigen Bunsen'schen Elemente bedient, ich werde diese durch eine gleiche Anzahl Grove'scher Elemente ersetzen oder noch wahrscheinlicher durch vier grossplattige Daniel'sche Elemente, um mich von der lästigen

schwer zu beseitigenden Entwicklung der salpetrigen Dämpfe zu befreien, welche die beiden ersten Arten von Batterien begleiten. Hat man mehrere grosse Tröge, worin galvanoplastische Kupferreductionen durch den sogenannten einfachen Apparat vorgenommen werden, so können diese die Daniel'schen Batterien insofern vortheilhaft ersetzen, als man hierbei galvanoplastische Abgüsse statt der in den Batterien mehr oder weniger unregelmässigen Kupferniederschläge erhalten kann. Es ist hierbei noch der Vorzug zu erwähnen, dass man hierbei nach Umständen mehr als 4 Trog-Elemente zur Kette verbinden könnte, ohne einen ökonomischen Nachtheil durch die grössere relative Zinkconsumtion zu erfahren.

Die Polarisation der Bleiplatten ist zumeist der Bildung einer Schicht von Bleihyperoxyd zuzuschreiben, die sich auf der Anode bildet. Die Elemente haben eine höhere electro-motorische Kraft als die eines wohlgeladenen Bunsen'schen oder Grove'schen Elements. Der innere Widerstand der Bleielemente ist nur gering, wegen der grossen Oberfläche, welche dieselben besitzen, wegen der guten Leitungsfähigkeit der angewendeten Schwefelsäure von 1,3 sp. Gewicht und endlich wegen des geringen nur etwa 3^{mm} betragenden Abstandes der Platten von einander. Die sonst bei secundären Batterien wahrgenommene überaus schnelle Abnahme der electro-motorischen Kraft ist bei den Bleibatterien weniger merkbar, besonders wenn der eingeschaltete ausserwesentliche Widerstand nicht gar zu gering ist. Ihre Dauer hängt übrigens von der Dauer der Ladung ab; die Zeit, in welcher diese ihr Maximum erreicht, wird ermittelt werden. Ueber dieses Maximum hinaus zu gehen, wäre nachtheilig, weil hierdurch der von der electro-motorischen Kraft abhängige Nutzeffect des Motors beeinträchtigt würde.

Es ist auch hier ein weites Feld der Untersuchungen offen, die weit entfernt sind, abgeschlossen zu sein. Es handelt sich einmal, das dem Maximo des Effects entsprechende Verhältniss der primären Batterie zu der secundären zu finden, wobei es sich sehr wohl ereignen kann, dass die fernere Untersuchung eher eine Verminderung als eine Vergrösserung der Oberfläche der secundären Elemente fordern dürfte, was übrigens durch eine geringere Ausfüllung der kleinen Tröge leicht geschehen kann, und dann ist gar wohl möglich, dass noch andere secundäre Combinationen aufzufinden sind, die wenn auch keine grössere electro-motorische Kraft, doch eine von längerer Dauer darbieten.

Ich will mich übrigens hier sogleich gegen eine etwaige Missdeutung meiner Ansichten verwahren. Wenn es feststeht, dass bei der Verwandlung der Wärme in mechanische Arbeit das durch verschiedene Versuche ziemlich sicher ermittelte mechanische Aequivalent der Wärme nicht überschritten werden kann; wenn ich zugebe, dass wahrscheinlich unter allen Umständen ein ähnliches Aequivalent, wenn auch noch nicht streng ermittelt, bei der Umwandlung der chemischen Processe der Batterie in Wärme und mechanische Arbeit sich geltend macht, so kann ich nicht durch Vermittelung einer secundären Batterie einen grössern Nutzeffect erzielen wollen, als die unmittelbare Anwendung der primären Batterie auf den Motor liefern würde. Ich bin von dem practischen Gesichtspuncte ausgegangen, dass es viel bequemer ist, statt 35 Grove'scher oder Bunsen'scher oder 60 Daniell'scher Elemente nur 2 Elemente der erstern oder 5 der letztern Art von grosser Oberfläche und dabei 50 secundäre Elemente zu verwenden, die keiner beständig zu erneuernden Ladung und keiner weitern Sorgfalt bei ihrer Handhabung bedürfen. Es ist immer ein Gewinn, seine Aufmerksamkeit, statt sie auf eine grosse Anzahl von Gegenständen richten zu müssen, auf eine geringe Anzahl derselben beschränken zu können.

Kleinere Mittheilungen.

Ueber eine neue Electrisirmaschine nach dem Principe von Holtz; von H. Leyser.

(Poggendorff's Annalen 1873 Nr. 8.)

(Hiezu Tafel XXVIII Fig. 5—7.)

So einfach sich auch bei den Electromaschinen gewöhnlicher Construction der Vorgang theoretisch gestaltet, so bietet doch deren practische Anfertigung für den Mechaniker einige Schwierigkeiten.

Ich erlaube mir hiermit die Construction einer Maschine anzugeben, die sich ungewöhnlich leicht und billig herstellen lässt, indem weder die rotirende noch die feststehende Scheibe durchbrochen zu sein braucht; bei der sich ferner beide Scheiben fast augenblicklich entfernen und wieder einsetzen lassen, und die endlich beim Hinzufügen einer mit den Belegen verbundenen Leydener Doppelflasche die Pole nicht mehr wechselt.

Folgendes ist im Allgemeinen das Princip dieser Maschine, die auf Tafel XXVIII Figg. 5—7 dargestellt ist:

Sei der Stanniolbeleg a auf der hinteren Fläche der viereckigen Glasscheibe + electrisch, so wird diess den Kamm a zunächst veranlassen — auszuströmen und zwar auf die rotirende kreisförmige Glasscheibe. Stellt man sich nun diese kreisförmige Scheibe in der Richtung des Pfeiles gedreht vor, so wird das auf dieselbe geströmte — über dem Rande der viereckigen Scheibe frei werden und zunächst bei der Platinaspitze x + zum Ueberströmen veranlassen, wodurch der untere Stanniolbeleg b — electrisch zurückbleibt und somit bei β der umgekehrte Vorgang stattfindet; hierdurch werden die erregenden Belege a und b beständig regenerirt.

Die Hauptmasse der erzeugten Electricität aber wirkt influirend auf die Sauger der Electroden bei c und c', welche sich, abweichend

von den gewöhnlichen Constructionen, auf Seite der influirenden Scheibe befinden.

Da es für die Wirkung der Maschine gleichgültig ist, ob die Kämme α und β isolirt sind oder nicht, wenn sie nur leitend unter einander verbunden sind, so bringe ich dieselben gleich an der Säule an, welche die Rotationsaxe trägt, so dass die Maschine die Gestalt Fig. 6 gewinnt; und zwar ist die Ansicht so wiedergegeben, wie die Maschine dem Zuschauer erscheint; der Experimentator hat hinter der Maschine seine Stellung und behindert somit nie die freie Ansicht.

Ich habe von dieser Maschine verschiedene Exemplare angefertigt und ihre Wirkung der einer gleich grossen Holtz'schen Maschine gleich gefunden. Im Trocknen haben diese Maschinen nicht umgesetzt und beim Einschalten einer Leydener Doppelflasche, wie die Zeichnung Fig. 7 angiebt, auch im Feuchten nicht. Hingegen wirkten die Maschinen unregelmässig und setzten häufig um, wenn die Kämme α und β mit der Kante des Stanniols abschnitten oder sich gar der Mitte desselben näherten. Willkürlich konnte man die Maschine durch ableitende Berührung eines der Belege umsetzen lassen; diess rührt daher, dass sich nach einiger Zeit an der inneren Fläche der viereckigen Glasscheibe, correspondirend mit den Belegen a und b, die entgegengesetzte Electricität ansammelt, welche zur Wirkung kommt, sobald man ableitend berührt hat.

Setze ich an Stelle des Stanniols Silberpapier mit der Metallseite auf das Glas gefügt und stark lackirt und an Stelle der Platinspitzen x und y solche von lackirtem Papiere, so trat kein Umsetzen ein, hingegen sprach die Maschine weniger leicht an, behielt aber dafür die Electricität sehr lange. Ich gebe daher jeder Maschine zwei viereckige Scheiben bei, von denen die eine Belege von Stanniol, die andere Belege von Silberpapier besitzt.

Die Maschine that stets ihre Schuldigkeit, sobald nur die Temperatur der influirenden feststehenden Scheibe (andernfalls die Temperatur der Umgebung überhaupt) 3 bis 4^0 R. über dem Thaupunct lag, auch in ganz feuchten Localen.

Man kann es daher erzwingen, dass die Maschine geht, sobald man nur die influirende viereckige Glasscheibe, die sich eben sehr leicht und schnell herausnehmen und einsetzen lässt, über einer Spirituslampe erwärmt; oder, da zwei viereckige Scheiben beigegeben sind, dieselben warm stellt und bald die eine, bald die andere warm

in die Maschine einsetzt. Eine einmalige Erwärmung genügt, die Maschine im Feuchten 3/4 Stunden im Gange zu erhalten. Uebrigens ist dieses Erwärmen nur in ganz aussergewöhnlichen Fällen nöthig. [1])

Versuche über die Verdampfung.

Von Stefan.

(Wiener Acad. Anzeiger 1873 Nr. XXIV.)

Die bisherigen atmometrischen Versuche haben zu keinen in Form von Gesetzen ausdrückbaren Resultaten geführt. Die Bedingungen, unter welchen sie angestellt wurden, waren nicht einfach genug, noch wurden sie hinreichend variirt. Die Lehre von der Verdampfnng, speciell der Diffusion der Dämpfe blieb ein leeres Feld.

Bei den Versuchen, deren Resultate hier mitgetheilt werden, wurden flüchtigere Flüssigkeiten, zunächst Aether angewendet. Um die grosse Temperaturerniedorung an der Oberfläche zu vermeiden, wurden statt der bisher üblichen weiten Schalen enge Röhren als Verdunstungsgefässe gewählt.

1. Die Geschwindigkeit der Verdampfung einer Flüssigkeit aus einer Röhre ist dem Abstande des Niveaus der Flüssigkeit vom offenen Ende der Röhre verkehrt proportional. Es ergibt sich dieses Gesetz in voller Schärfe, wenn die Niveaudistanz etwa 10^{mm} übersteigt.

2. Die Verdampfungsgeschwindigkeit ist unabhängig vom Durchmesser der Röhre. Dieses Resultat ergab sich aus Versuchen mit Röhren, deren Durchmesser von $0{,}3^{mm}$ bis 8^{mm} variirten.

3. Die Verdampfungsgeschwindigkeit wächst mit der Temperatur, insofern mit dieser der Dampfdruck der Flüssigkeit steigt. Ist p das der Beobachtungstemperatur entsprechende Maximum der Spannkraft

---

[1]) Es kann das Verdienst des Hrn. Leyser nicht schmälern, wenn ich bemerke, dass die von ihm beschriebene Construction im Wesentlichen schon von Hrn. Dr. Holtz angewandt, aber weil sie ihm nicht genügte, wieder verworfen worden ist. Ich habe diess von dem Mechaniker Borchardt erfahren, der mir, als ich mit ihm über die Leyser'sche Construction sprach, sofort eine Glastafel zeigte, die ganz die Einrichtung der ruhenden in dieser Construction besass.

Poggendorff.

des Dampfes, P der Luftdruck unter welchem die Flüssigkeit verdampft, so ist die Verdampfungsgeschwindigkeit proportional dem Logarithmus eines Bruches, dessen Zähler P, dessen Nenner $P-p$ ist. Wird der Druck des Dampfes gleich dem der Luft, so wird dieser Logarithmus unendlich gross und deutet an, dass die Flüssigkeit unter dieser Bedingung siedet.

Es wurden ferner noch Versuche über die Verdampfung in geschlossenen Röhren ausgeführt.

Taucht man eine Röhre, die an einem Ende geschlossen, am andern offen, mit diesem in Aether, so entwickeln sich aus der Röhre fortwährend Blasen und es verhalten sich anfänglich die Zeiten, in welchen sich auf einanderfolgend gleiche Anzahlen von Blasen entwickeln, wie die ungeraden Zahlen.

Enthält die eingetauchte Röhre Wasserstoffgas statt Luft, so entwickelt sich dieselbe Anzahl von Blasen in einer viermal kürzeren Zeit. Die Verdampfung geht in Wasserstoffgas viermal rascher vor sich als in Luft.

Dasselbe Resultat lieferte auch ein Versuch mit einem Apparate, in welchem eine Flüssigkeit in einer offenen Röhre in verschiedenen Gasen zur Verdampfung gebracht werden kann. Es besteht dieser Apparat aus einer T-förmigen Glasröhre. In ihren verticalen Arm kommt die Röhre mit der zu verdunstenden Flüssigkeit, durch das horizontale Querstück wird ein continuirlicher Strom des betreffenden Gases geleitet.

Taucht man eine mit einem Hahn versehene Röhre mit offenem Hahn in Aether und schliesst darauf den Hahn, so sinkt das Niveau der Flüssigkeit innerhalb der Röhre unter das äussere und verhalten sich anfänglich die Tiefen, bis zu denen das innere gegen das äussere Niveau in bestimmten Zeiten gesunken ist, wie die Quadratwurzeln aus diesen Zeiten.

Electrisirung durch Reibung und die Lichtenbergischen Figuren.

Von Douliot.

Eine Hartgummiplatte wird, wenn sie trocken ist, durch den geringsten Stoss, durch das Reiben mit einem Blatt Papier, durch das mit einem Haarpinsel electrisch gemacht. Man kann dies einem grossen

Auditorium mit Hilfe des folgenden Versuches zeigen. Man nimmt eine Hartgummiplatte, trocknet sie und bewegt sie über der Flamme einer Weingeistlampe, um ihr jede Spur von Electricität zu nehmen, sodann zeichnet oder schreibt man auf ihr mittelst eines Stückchens Holz, eines Wischers oder eines Pinsels. Alle Spuren bleiben unsichtbar, da die verschiedenen in Anwendung gebrachten Instrumente die Kautschuckoberfläche nicht angreifen. Bedient man sich einer Metallspitze, so muss man Sorge dafür tragen, dass man sie sehr leicht führt, um ein Eindringen in den Kautschuck zu verhüten. Streut man sodann auf diese Platte die bekannte Mischung von Schwefel und Mennig, so werden alle Contouren der Zeichnung oder alle Buchstaben, die man gezogen hat, den Mennig festhalten und roth erscheinen. Die Nettigkeit der Spuren ist so gross, dass die verschiedenen Buchstaben der feinsten Schrift sich mit der grössten Reinheit darstellen und selbst, wenn eine Feder ihren Spalt nicht vollständig geschlossen hat, die beiden Spuren, die sie dann wenn auch noch so nahe aneinander bildet, sich deutlich von einander unterscheiden lassen.

Will man eine ähnliche Erscheinung auf Glas erhalten, so muss man die wohl getrocknete Glasplatte noch mit einem kleinen Wollenballen abreiben und dann ist es, wie zu erwarten war, der Schwefel, welcher festgehalten wird, und die Spuren sind gelb.

Folgendes Experiment gelingt gleich leicht mit Glas und mit Kautschuck. Man reibt eine Kautschuckplatte mit Katzenpelz und schreibt dann mit einer Metallspitze auf die so electrisirte Platte. Schüttet man nun die Mischung von Schwefel und Mennig darauf, so erscheinen die Schriftzüge gelb auf rothem Grunde. Bei diesem zweiten Versuche sind aber die Spuren nicht so scharf wie beim ersten. Verzweigungen entstehen an verschiedenen Puncten der Figur und wenn man ein Wort schreibt, so werden die Buchstaben manchmal durch unregelmässige Striche vereinigt. Eine Glasplatte, die vorher mit dem Reibkissen einer Electrisirmaschine electrisch gemacht wurde, gibt analoge Resultate und die Schriftzüge erscheinen gelb auf rothem Grunde.

D'Almeida Journal de Physique. Juillet 1873.

Galvanisches Element.

Von Zaliwski.

Dasselbe hat zwei poröse Thonzellen, die mit einem Zwischenraum in einander passen. In die innere Thonzelle, welche die Kohle enthält, ist Salpetersäure, in den Zwischenraum Schwefelsäure und in das äussere Gefäss, in dem die Zinklamelle sich befindet, ist eine concentrirte Salmiaklösung gegossen.

(Les Mondes 10. Juli 1873.)

Ueber die Wärme-Ausdehnung des Hartgummi.

Von F. Kohlrausch.

Die zufällige wiederholte Wahrnehmung, dass Hartgummideckel in Gläsern sich klemmten, liess mich vermuthen, dass diese Substanz eine bedeutende Wärme-Ausdehnung besitzt. Die Erwartung wurde durch die Wirklichkeit noch übertroffen, denn die Ausdehnung ist etwa das Dreifache des Zinks.

Der Coëfficient für 1° fand sich nämlich

0,0000770 gemessen zwischen 16°,7 und 25°,3
0,0000842 „ „ 25,3 „ 35,4

Also auch das Wachsthum mit der Temperatur ist sehr bedeutend. Man kann den linearen Ausdehnungscoëfficienten bei der Temperatur t hiernach setzen

$$= 0{,}000061 + 0{,}00000076 \cdot t$$

Zwei Streifen Zinkblech und Hartgummi mit einander vernietet krümmen sich bei mässiger Erwärmung sehr deutlich im verlangten Sinne. Ein dünnes Elfenbeinstreifchen von 20 Cm. Länge an ein desgleichen aus Hartgummi mit Hausenblase aufgeleimt, stellt ohne Zeigerwerk ein recht empfindliches Thermometer dar, da das freie Ende sich für 1° um mehrere Millimeter verschiebt.

Die körperliche Ausdehnung des Hartgummi ist nach obigen Zahlen bei 0° gleich derjenigen des Quecksilbers, in höherer Temperatur noch grösser.

(Poggendorff's Annalen 1873 CXLIX.)

Limnigraph von Hasler & Escher in Bern.

(Hiezu Tafel XXVII.)

Der selbstregistrirende Limnigraph hat die Variationen des Wasserstandes in verkleinertem Maassstabe auf einer Papierscala aufzuzeichnen. Das erste dieser Instrumente wurde vor 5 Jahren für die Schweizerische Hydrometrische Commission angefertigt. In Folge der günstigen Resultate sind seither viele solcher Instrumente an Flüssen und Seen und auch zu Grundwasserbestimmungen aufgestellt worden. Das Instrument in $^1/_4$ der natürlichen Grösse in Vorder- und Seitenansicht dargestellt, besteht aus drei wesentlichen Theilen: der Schwimmervorrichtung, dem Markirapparat nnd der Uhr.

1. Schwimmervorrichtung.

An einer Messingkette *K* hängt der aus Kupferblech zusammengelöthtete Schwimmer oder Flotteur *F*. Die Achse *A* trägt eine grössere Walze *W*, auf der sich die Schwimmerkette *K* auf- und abwinden kann, und eine kleinere Walze *w*, auf der sich die Schnur eines dem Schwimmer entgegenwirkenden Gewichts *P* auf- und abwickelt. Das Getriebe *G* der Achse *A* greift in ein Rad *R* ein, welches auf einer hinter *A* liegenden Achse A_1 befestigt ist. Diese letztere Achse geht durch das der bessern Veranschaulichung wegen auf der Zeichnung durchbrochene Instrumentgehäuse *J* durch und trägt an ihrem Ende eine kleine Trommel *T*, auf welcher sich bei der Drehung der Achse A_1 eine Metallschnur *M* auf- und abwickelt, und einen an der Schnur befestigten Schlitten *S* auf- und abbewegt. Der Durchmesser der Trommel ist halb so gross als derjenige der Walze *W*, das Rad *R* hat die zehnfache Anzahl Zähne vom Getriebe *G*, so dass also die Bewegung des Schlittens *S* zwanzig mal kleiner ist als diejenige des Schwimmers. Dieser letztere ist schwerer als das Gegengewicht *P*, so dass beim Fallen des Schwimmers sich der Schlitten *S* senkt, während beim Steigen des Schwimmers der Schlitten durch das Gewicht *P* gehoben, d. h. die Kette *K* immer gespannt erhalten wird.

2. Markirapparat.

Der Schlitten *S* läuft auf einer Stahllamelle *L*, welche oben und unten sich in Spitzen drehen kann. Er lässt sich auf dieser Lamelle leicht auf- und abwärts bewegen, und muss auch der drehenden

Bewegung derselben folgen. Auf der rechten Seite trägt der Schlitten einen Zeiger Z, welcher auf einer Scala den jeweiligen Wasserstand anzeigt. Ein Arm, in der Mitte des Schlittens befestigt, trägt anderseits den Markirstift N. Oben an der Stahllamelle ist ein Hebel HH aufgeschraubt, dessen rechtes Ende bei E durch eine Spiralfeder rückwärts gezogen wird; der Markirstift muss den Bewegungen des Hebels in jeder Lage folgen. Hinter dem Markirstift befindet sich ein in Achsen drehbarer, mit Tuch überzogener Cartoncylinder C. Um diesen Cylinder spannt man eine Papierscala, deren durch senkrechte Linien begrenzte Felder den Wochentagen, die horizontalen Linien der zwanzigfach reducirten Pegeleintheilung entsprechen. Wenn der Hebel HH gegen den Papiercylinder bewegt wird, so dringt die Markirnadel in's Papier ein; bei der entgegengesetzten Bewegung wird die Nadel wieder frei, und gleichzeitig wird der Cylinder um ein Intervall vorwärts bewegt, indem ein am Hebel befindlicher Haken jeweilen in ein Zahnrad eingreift, welches mit dem Cylinder in Verbindung steht.

3. Uhr.

Die Uhr hat den Zweck, den Markirstift in's Papier einzudrücken und den Cylinder zu drehen. Von den zwei durch Federtrieb bewegten Räderwerken der Uhr dient eines als Uhrwerk, und löst ausserdem das zweite Räderwerk nach jeder Stunde aus. Nach jeder Auslösung wird durch das letztere vermittelst einer excentrischen Vorrichtung der Hebel HH rückwärts bewegt, und in Folge dessen der Markirstift in's Papier eingedrückt. Es wird somit nach jeder Stunde der Wasserstand markirt. Nach Verfluss der Woche wird die beschriebene Scala weggenommen, durch eine neue ersetzt und die Uhr wieder aufgezogen.

Verdunstungsmesser von Piche. [1]

(Wiener Meteorologische Zeitschrift 1873 Nr. 17.)

Dieses in neuerer Zeit in Frankreich verwendete Instrument besteht aus einer Glasröhre von beiläufig einem Centimeter Durchmesser und 23—30 Centimetern Länge.

[1]) Nach dem Bulletin de l'Association scientifique de France, X. Band, S. 166.

Die Glasröhre ist oben geschlossen und mit einem Ringe versehen, an dem sie aufgehängt werden kann, während das untere Ende offen ist; die Röhre ist in Ganze, Zehntel, und bei feineren und längeren Röhren sogar in Hundertel Cubik-Centimeter getheilt. Man füllt die Röhre mittelst einer Flasche, welche zwei Tubulaturen hat. Durch die eine dünnere Röhre lässt man die Flüssigkeit längs der Wand der ersterwähnten Glasröhre herabfliessen, die zweite Röhre vermittelt den Luftzutritt in die Flasche.

Wenn das Wasser das Ende der Glasröhre erreicht, legt man ein Stück befeuchtetes Fliesspapier darauf, welches die Glasröhre verschliesst. Dieses Fliesspapier wird in seiner Lage durch den Luftdruck erhalten, wenn man das Instrument, um es in die für die Beobachtung geeignete Lage zu bringen, umkehrt.

Das Fliesspapier, welches ziemlich stark und immer von gleicher Beschaffenheit sein muss, hat eine Oberfläche von 4 Quadrat-Centimetern. Die obere und die untere Fläche zusammen genommen würden der Verdunstung daher eine Oberfläche von 8 Quadrat-Centimetern [1]) bieten, wenn nicht ein Theil der oberen Fläche durch die Glasröhre gedeckt wäre. Man nimmt auf diesen Umstand Rücksicht, indem man das Fliesspapier in der Art zuschneidet, dass an einer Seite des Quadrates ein halbkreisförmiger Ansatz von demselben Durchmesser mit der Glasröhre erscheint. Die obere und untere Fläche dieses Halbkreises ersetzen den durch die Glasröhre gedeckten und der Wirkung der Atmosphäre entzogenen Theil des Papiers vollständig.

Wie nun das Wasser an der Oberfläche des Papieres verdunstet, sinkt das Wasser in der Glasröhre, wo dasselbe durch die Luft ersetzt wird, welche durch die Flüssigkeit in Form von mehr oder weniger kleinen, mehr oder weniger häufigen Luftblasen aufsteigt. Das Papier hat in der Mitte ein Loch vom Durchmesser einer Stecknadel, um das Eindringen der Luft zu erleichtern.

An dem Instrumente befindet sich eine Halbkugel von Kautschuk,

---

[1]) Dr. Lahilhonne gibt dem Papier eine Totaloberfläche von 10 Quadrat-Centimetern (5 auf jeder Seite), was insofern zweckmässiger ist, als durch einfache Versetzung des Decimal-Punctes die Verdunstung für einen Quadrat-Decimeter erhalten wird. Hr. Dr. L. hat einen Regenmesser von der eben genannten Auffangsfläche und ist daher in der Lage, die Angaben des Verdunstungsmessers mit jenem des Regenmessers unmittelbar vergleichen zu können.



durch deren Mittelpunct die getheilte Röhre hindurchgeht; diese Halbkugel dient als Beschirmung und schützt das Papier vor dem Regen.

Am unteren Ende der Glasröhre ist ein gebogener Messingdraht angebracht, welcher als eine Art Feder leicht an das Papier andrückt und verhindert, dass dasselbe durch die Wirkung eines etwas stärkeren Windes abgerissen werde.

Der Apparat wird in der freien Luft aufgehängt und ein- oder zweimal des Tages zu bestimmten Stunden abgelesen. Eine einfache Ablesung gibt die in 12 oder 24 Stunden verdunstete Wassermenge in Grammen oder Cubik-Centimetern. Nach geschehener Ablesung wird die Röhre von Neuem mit Wasser gefüllt.

An dem Observatorium von Montsouris werden seit Juli 1872 Beobachtungen mittelst des Verdunstungsmessers von Piche angestellt. Während die Gesammtsumme des Niederschlages in den 10 Monaten Juli 1872 bis April 1873 604·1 Mm. ergab, war die Verdunstung 846·0 Mm., somit um 231·9 Mm. grösser. Dabei ist der Verdunstungsmesser im Schatten neben dem Psychrometer angebracht. (Bulletin de Montsouris, année 1873, pag. 96.)

Photographischer Apparat zu Tiefenmessungen.

In der letzten Sommersitzung der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin zeigte Herr Dr. Neumeyer einen interessanten Apparat, durch welchen die Temperatur in den Tiefen des Meeres, sowie die Richtung der Meeresströmungen daselbst mit Hülfe photographischen Papiers bestimmt wird. Es ist eine grosse verschlossene Büchse von Kupfer; in derselben befindet sich eine Magnetnadel, ein Thermometer und eine electrische Batterie. Sowohl am Thermometer entlang, wie rund um die Windrose der Magnetnadel läuft eine Geissler'sche Röhre mit Stickstoff gefüllt; dieser leuchtet beim Durchgang des electrischen Stromes mit violettem Lichte, welches eine äusserst kräftige photographische Wirksamkeit besitzt.

Hinter dem Thermometer, gegenüber der leuchtenden Röhre befindet sich eine Rolle mit Talbot'schem Lichtpauspapier. Dieses bräunt sich unter dem Einfluss des electrischen Lichtes. Das Quecksilber des Thermometers lässt nun das Licht nicht durch, unmittelbar dahinter bleibt das Papier weiss. Man ersieht also aus der Stelle,

bis zu welcher das Papier geschwärzt ist, den Stand des Quecksilbers im Thermometer, und daraus die Temperatur.

Den Stand der Magnetnadel erfährt man ebenso. Unter der Nadel liegt ein Stück haltbaren Talbot'schen Papiers, und an der Nadel selbst befindet sich ein kleines Brennglas, welches das darüber befindliche, electrische Licht auf das Papier concentrirt und den Stand der Nadel markirt; man hat dadurch die Nordrichtung. Die ganze Büchse nun enthält ausserhalb einen fahnenartigen Ansatz, der veranlasst, dass die Büchse im Wasser sich der Stromrichtung parallel stellt. Die Stellung der Magnetnadel zu diesem Ansatz gibt dann die Stromesrichtung an. Das Stickstofflicht wirkt so kräftig, dass schon nach 3 Minuten das Papier merklich gebräunt ist.

(Photographische Mittheilungen Nr. 114, X. Jahrg. S. 159.)

Eine neue Methode Kreistheilungen zu untersuchen; von G. Quincke.

(Poggendorff's Annalen 1873 Nr. 6.)

Die Aufgabe, eine Kreistheilung zu untersuchen, an welcher die Lage zweier Fernröhre mit Ablese-Microscopen auf einige Secunden genau bestimmt werden sollte, hat mich auf eine Untersuchungs-Methode geführt, welche Bequemlichkeit und Genauigkeit vereinigt und meines Wissens bisher noch nicht beschrieben worden ist.

Die Fernröhre sind mit einem Gauss'schen Ocular versehen (Astron. Nachr. 579, 31. 10. 1846), bei welchem durch ein unter 45^0 gegen die Fernrohraxe geneigtes Planglas zwischen Ocularlinse und Fadenkreuz das letztere beleuchtet werden kann.

Das Fernrohr ist auf Unendlich und seine Axe normal gegen eine planparallele Glasplatte gestellt, wenn das Fadenkreuz mit dem Spiegelbild zusammenfällt, welches die von der Glasplatte zurückgeworfenen Strahlen entwerfen.

Die Glasplatte kann normal gegen die Kreistheilung mit Wachs auf einem drehbaren Tischchen in der Mitte derselben aufgestellt werden. Axe und Drehungsaxe des Fernrohrs stehen genau senkrecht gegeneinander, wenn Fadenkreuz und Spiegelbild desselben zusammenfallen, auch nachdem das Fernrohr um 180^0 gedreht worden ist. Bei verschiedenen Lagen des mit der Kreistheilung fest verbundenen Planglases ergiebt sich dadurch auch gleichzeitig die etwa vorhandene

Excentricität der Drehungsaxe gegen den Mittelpunct der Kreistheilung. Der grösseren Lichtintensität wegen benutzte ich Steinheil'sche Planparallelgläser, deren eine Seite mit Silber belegt und polirt worden ist.

Zwei Planparallelspiegel werden mit Wachs auf dem Tischchen senkrecht gegen die Fernrohr-Axen befestigt. Sie stehen genau senkrecht gegeneinander, wenn der von ihnen gebildete Winkelspiegel die durch doppelte Reflexion erzeugten beiden Spiegelbilder eines Fernrohrfadenkreuzes mit diesem selbst zusammenfallen lässt.

Stellt man die Axen der Fernröhre 1 und 2 durch Reflexion der beleuchteten Fadenkreuze normal gegen die beiden Flächen des Winkelspiegels, so bilden sie genau einen Winkel von 90° mit einander. Verschiedene Lagen des Winkelspiegels bestimmen dann je 4 um 90° von einander entfernte Puncte der Kreistheilung.

Zwei Plangläser bilden genau einen Winkel von 120° oder 60° mit einander, wenn zwei einzeln normal gegen dieselben gestellte Fernröhre gleichzeitig durch doppelte Reflexion das Fadenkreuz des Fernrohrs 1 im Fadenkreuz von Fernrohr 2 erscheinen lassen und umgekehrt. Stellt man bei verschiedener Lage des Winkelspiegels von 120° oder 60° die beiden Fernröhre normal gegen die einzelnen Spiegelflächen, so erhält man durch die Ablesungen der Kreistheilung Puncte, die genau um 60° resp. 120° von einander abstehen.

Bilden die beiden Plangläser einen Winkel $180 - 2\varphi$, die normal gegen dieselben gestellten Fernrohr-Axen einen Winkel 2φ mit einander, so lässt sich mit Wachs ein drittes Planglas auf dem Tischchen in der Mitte der Kreistheilung so befestigen, dass es die von dem Fadenkreuz des Fernrohrs 1 ausgehenden Strahlen nach dem Fadenkreuz des Fernrohrs 2 reflectirt. Das Planglas 3 ist dann unter dem Winkel φ gegen das Planglas 1 oder 2 geneigt und der aus 1 und 3 oder 2 und 3 gebildete Winkelspiegel kann wieder benutzt werden, die Fernrohr-Axen senkrecht gegen die Spiegelflächen zu stellen und Puncte der Kreistheilung zu bestimmen, die um den Winkel φ von einander entfernt sind.

Aus den Winkeln 90° und 60° erhält man mit diesem dritten Planspiegel also Winkel von 45° und 30°, aus diesem Winkel von $22^1/_2$ und 15° u. s. f.

Sollte Jemand eine Schwierigkeit finden, die Plangläser mit Wachs und der freien Hand in die richtige Lage zu bringen, so

wird sich diese Schwierigkeit durch eine einfache Vorrichtung mit Schraube und Druckfeder leicht beseitigen lassen.

Die Methode der Reflexion des Fadenkreuzes erlaubt auch Winkel von Glasprismen mit denen von Winkelspiegeln zu vergleichen, und mit dem unveränderlichen Winkel eines Glasprismas von genau 90^0 60^0 30^0 20^0 10^0 u. s. w. die Kreistheilung auszumessen und zu calibriren. Das letztere habe ich noch nicht ausführen können, da die seit längerer Zeit für diesen Zweck bestellten Glasprismen noch nicht in meinem Besitze sind.

Die beschriebene Methode Kreistheilungen zu untersuchen ist bequem und genau, so weit die Vergrösserung der Fernröhre reicht und eine Unterscheidung der Ocularfäden möglich ist, d. h. so genau als man überhaupt mit dem betreffenden Apparat sehen kann. Da auch die Vollkommenheit der Plangläser mit dem Fernrohr leicht controlirt werden kann, so ist sie vielleicht auch bei der Herstellung einer neuen und genauen Kreistheilung mit Vortheil zu verwenden.

Würzburg, den 1. Juni 1873.

Register.

Die Zahlenangaben bedeuten Seitenzahlen.

